



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : H02G 7/20, H02J 3/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/35061	(43) Date de publication internationale: 15 juin 2000 (15.06.00)
---	----	--	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/CA99/01136

(22) Date de dépôt international: 26 novembre 1999 (26.11.99)

(30) Données relatives à la priorité:  
2,253,762 4 décembre 1998 (04.12.98) CA

(71) Déposant: HYDRO-QUEBEC [CA/CA]: 75, boulevard René-Lévesque ouest, Montréal, Québec H2Z 1A4 (CA).

(72) Inventeur: COUTURE, Pierre; 1027 Jean Bochart, Boucherville, Québec J4B 4A4 (CA).

(74) Mandataire: ROBIC; 55, rue St-Jacques, Montréal, Québec H2Y 3X2 (CA).

(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: SWITCHING APPARATUS AND METHOD FOR AN ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINE SECTION

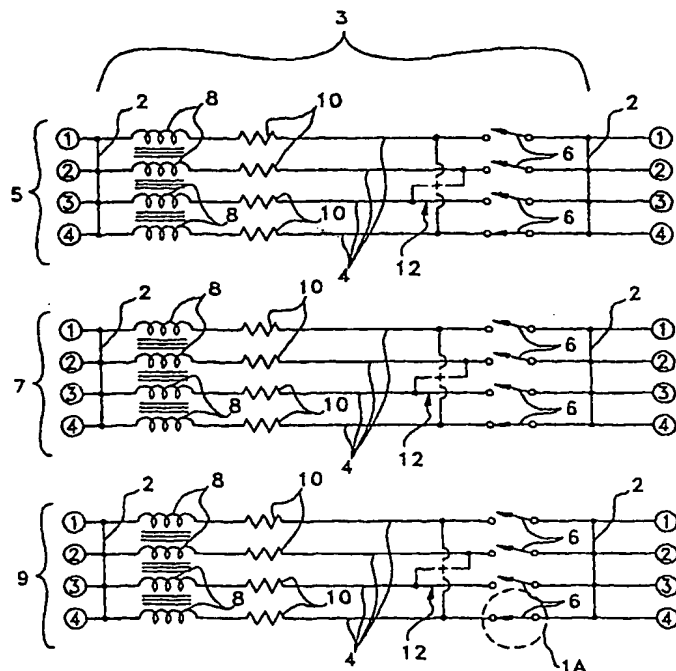
(54) Titre: APPAREIL ET METHODE DE COMMUTATION POUR UN TRONÇON D'UNE LIGNE DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE

## (57) Abstract

The invention concerns a switching apparatus designed to be used with an electric power transmission line section comprising several phase lines. Each of the phase lines includes several conductors electrically insulated from one another and connected in parallel. The conductors of each phase line are mutually shorted out at two ends of the section. The apparatus comprises pairs of switches connected in parallel, for selectively opening and closing each phase line conductors, a sensing device for detecting the section current operating conditions, and a control device for controlling the switch pairs based on the section current operating conditions. The invention also concerns a switching method.

## (57) Abrégé

L'appareil de commutation est prévu pour être utilisé avec un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase. Chacune des lignes de phase comporte plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des autres et branchés en parallèle. Les conducteurs de chaque ligne de phase sont court-circuités entre eux à deux extrémités du tronçon. L'appareil comprend des paires d'interrupteurs branchés en parallèle, pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase, un dispositif de détection pour détecter des conditions d'opération courantes du tronçon, et un dispositif de commande pour commander les paires d'interrupteurs en fonction des conditions d'opération courantes du tronçon. La présente invention vise aussi une méthode de commutation.



# *UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION*

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

APPAREIL ET MÉTHODE DE COMMUTATION POUR UN TRONÇON D'UNE  
LIGNE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

La présente invention vise un appareil et une méthode  
5 de commutation pour un tronçon d'une ligne de transport  
d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase.  
Dans le présent texte nous appellerons "ligne de phase" ce  
qui est communément appelé par l'homme de l'art "phase".  
L'appareil et la méthode peuvent servir entre autres mais  
10 non exclusivement à dégivrer une ligne de transport  
d'énergie électrique, ou bien même modifier l'écoulement de  
puissance à travers une ligne de transport d'énergie  
électrique de façon statique ou dynamique.

Connu dans l'art antérieur, il existe le brevet  
15 américain no 2,797,344 délivré le 25 juin 1957, et nommant  
comme inventeur monsieur W. T. Peirce. Ce brevet décrit un  
appareil pour déglacer des câbles électriques. Ce brevet  
propose que dans une ligne de transmission de puissance  
électrique, un câble soit réalisé par une paire de  
20 conducteurs isolés les uns des autres. Un pont électrique  
est prévu en série avec un desdits conducteurs. Un moyen est  
prévu pour ouvrir le pont électrique, et un autre moyen est  
prévu pour commander l'opération du pont électrique en  
réponse à une accumulation de glace sur le câble. Le pont  
25 électrique comprend un interrupteur normalement fermé qui  
est ouvert par le moyen qui répond à une accumulation de  
glace sur le câble.

Connu dans l'art antérieur, il existe également le  
brevet américain no 4,082,962 délivré le 4 avril 1978, et  
30 nommant comme inventeurs Vladimir Vladimirovich BURGS DORF et  
coll. Ce brevet décrit un dispositif pour faire fondre la

glace en utilisant un courant continu dans les conducteurs d'une ligne de transmission de puissance suspendue. Ce brevet propose d'utiliser un redresseur que l'on branche momentanément à l'extrémité d'un des conducteurs de la  
5 ligne. L'appareil comprend également un circuit de mise à la terre ainsi qu'un circuit de filtrage branchés en parallèle au redresseur. Le circuit proposé dans ce brevet utilise un courant redressé pour déglacer la ligne. Pour chaque section de ligne, un redresseur, un circuit de mise à la terre ainsi  
10 qu'un circuit de filtrage sont utilisés.

Connu dans l'art antérieur, il existe également le brevet américain no 4,126,792 délivré le 21 novembre 1978, et nommant comme inventeurs Georgy A. GENRIKH et coll. Ce brevet propose un réseau à haut voltage pour des régions où  
15 le givre est présent en grande quantité. Ce brevet propose l'utilisation d'un redresseur et d'un circuit de commutation qui permet de brancher au moins un conducteur de la ligne au redresseur afin de faire fondre le givre par un courant redressé.

Connu dans l'art, il existe également le brevet américain no 4,119,866 délivré le 10 octobre 1978, et nommant comme inventeurs Georgy Andreevich GENRIKH et coll. Ce brevet propose l'utilisation d'une source de courant continu et de différents commutateurs branchés sur une  
20 section de ligne pour permettre de déglacer un conducteur de la ligne par courant continu.

Connu dans l'art antérieur, il existe également le brevet américain no 4,190,137 délivré le 26 février 1980, et nommant comme inventeurs Akira SHIMADA et coll. Ce brevet  
30 décrit un appareil pour déglacer des câbles de tramway. Ce brevet propose de former des boucles avec différentes

sections des câbles d'alimentation du tramway et d'utiliser un certain type de transformateurs pour faire passer dans les boucles en question un courant que l'on superpose au courant d'alimentation pour ainsi déglacer les câbles d'alimentation.

Également connu dans l'art antérieur, il existe les brevets américains suivants qui décrivent différents appareils et méthodes de commutation de lignes pour différentes applications: 2,240,772; 2,852,075; 4,028,614; 4,085,338; 4,135,221; 4,322,632; 4,489,270; 4,492,880; 4,769,587; 5,124,882; 5,483,030; 5,734,256; 5,777,837; et 5,754,045.

Un des inconvénients que l'on retrouve dans tous les appareils et méthodes de commutation mentionnés ci-dessus, réside dans le fait qu'aucun de ces appareils ou méthodes ne permet de commuter des conducteurs d'un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique de façon efficace et sécuritaire.

Un des objectifs de la présente invention est de proposer un appareil et une méthode de commutation pour un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique qui permet de commuter des conducteurs d'un tronçon de ligne sans débrancher ledit tronçon de la ligne, d'une façon efficace et sécuritaire.

Les objets, avantages et autres caractéristiques de la présente invention deviendront plus apparents à la lecture de la description suivante qui ne se veut pas restrictive, des différents modes de réalisation préférés donnés à titre d'exemple seulement avec référence aux dessins ci-joints.

**Résumé de l'invention:**

La présente invention vise un appareil de commutation pour un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase, chacune des  
5 lignes de phase comportant plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des autres et branchés en parallèle pour conduire un courant de phase, les conducteurs de chaque ligne de phase étant court-circuités entre eux à deux extrémités du tronçon, l'appareil comprenant:

10 des paires d'interrupteurs électromécanique et électronique branchés en parallèle, pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase de façon à conduire le courant de phase correspondant à travers un ou plusieurs conducteurs;

15 des moyens de détection pour détecter des conditions d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport d'énergie électrique; et

des moyens de commande pour commander les paires d'interrupteurs électromécanique et électronique en fonction  
20 des conditions d'opération courantes du tronçon, les interrupteurs de chaque paire étant commandés de façon indépendante par des signaux de commande.

De préférence, les moyens de détection comprennent plusieurs cellules de charge, au moins une cellule de charge  
25 étant montée par ligne de phase, chaque cellule de charge comprenant un senseur de charge pour mesurer une valeur de charge supportée par la ligne de phase correspondante, un senseur d'inclinaison pour mesurer son inclinaison par rapport à un axe vertical, un senseur de température pour  
30 mesurer une température ambiante, et un émetteur radiofréquence pour émettre des signaux indicatifs de la

valeur de charge, de l'inclinaison et de la température ambiante. Les moyens de détection incluent aussi une unité de contrôle comportant un processeur ayant des premiers ports d'entrée pour recevoir des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, et des seconds ports d'entrée pour recevoir des signaux indicatifs des tensions aux bornes des paires d'interrupteurs; un émetteur radiofréquence branché au processeur pour émettre des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, et des tensions; et des moyens d'alimentation électrique pour alimenter le processeur et l'émetteur.

De préférence, les moyens de commande comprennent le processeur qui comporte en outre des sorties pour émettre les signaux de commande; un récepteur radiofréquence branché au processeur pour recevoir des signaux radiofréquences de commande à partir desquels les signaux de commande sont produits; un amplificateur branché au processeur pour commander les moyens moteurs en fonction des signaux de commande; et les moyens d'alimentation électrique pour alimenter en outre le récepteur et l'amplificateur.

La présente invention vise également une méthode de commutation pour un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase, chacune des lignes de phase comportant plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des autres et branchés en parallèle pour conduire un courant de phase, les conducteurs de chaque ligne de phase étant court-circuités entre eux à deux extrémités du tronçon, la méthode comprenant les étapes suivantes:

(a) détecter des conditions d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport d'énergie électrique; et

(b) commander des paires d'interrupteurs électromécanique et électronique branchés en parallèle en fonction des conditions d'opération détectées à l'étape (a) pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de  
5 chaque ligne de phase de façon à conduire le courant de phase correspondant à travers un ou plusieurs conducteurs, les interrupteurs de chaque paire étant commandés de façon indépendante par des signaux de commande.

10 **Brève description des dessins:**

La figure 1 est un diagramme de circuit schématique montrant un tronçon de ligne triphasée muni d'interrupteurs selon un premier mode de réalisation de la présente invention.

15 La figure 1a est un diagramme de circuit schématique montrant un mode de réalisation préférentiel pour réaliser chaque interrupteur montré à la figure 1, selon la présente invention.

La figure 2 est un diagramme de circuit schématique  
20 montrant un tronçon de ligne triphasée muni d'interrupteurs selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 3 est un diagramme de circuit schématique montrant un tronçon de ligne triphasée muni d'interrupteurs  
25 selon un troisième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 4 est un diagramme de circuit schématique montrant un tronçon de ligne triphasée muni d'interrupteurs selon un quatrième mode de réalisation de la présente  
30 invention.

La figure 5 est un diagramme de circuit schématique



montrant un tronçon de ligne triphasée muni d'interrupteurs selon un cinquième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 6 est un diagramme schématique montrant un mode de réalisation préféré d'interrupteurs électromécaniques selon la présente invention.

La figure 7 est un diagramme logique de différentes positions d'opération possibles d'un dispositif de commutation électromécanique regroupant quatre interrupteurs électromécaniques selon la présente invention.

La figure 8 est une représentation schématique d'un mode de réalisation préféré d'un dispositif de commutation électromécanique regroupant quatre interrupteurs électromécaniques capables de réaliser le diagramme logique de la figure 7 selon la présente invention.

La figure 9 est une vue de côté partielle d'un mode de réalisation préféré d'un dispositif de commutation électromécanique selon la présente invention.

La figure 10 est une vue en coupe du dispositif montré à la figure 8, montrant seulement certains éléments de la vue en coupe.

La figure 11 est une vue complète de côté du dispositif de commutation montré à la figure 9 dans une première position d'opération.

La figure 12 est une vue complète de côté du dispositif de commutation montré à la figure 9 dans une seconde position d'opération.

La figure 13 est une vue de côté schématique montrant un détail de construction du mode de réalisation montré aux figures 11 et 12.

La figure 14 est une vue de côté schématique d'un

détail de construction du mode de réalisation montré aux figures 11, 12 et 13.

La figure 15 est une vue de côté d'un autre dispositif de commutation électromécanique selon un mode de réalisation  
5 préféré de la présente invention.

La figure 16 est un diagramme bloc d'une unité qui comprend un dispositif de commande et une partie du dispositif de détection selon la présente invention.

La figure 17 est une vue de face d'un pylône supportant  
10 une ligne de transport d'énergie électrique sur lequel des modules selon la présente invention sont montés.

La figure 18 est une vue de côté du pylône montré à la figure 17.

La figure 19 est une vue de côté d'un pylône, montrant  
15 un mode de réalisation alternatif à celui montré à la figure 18.

La figure 20 est un diagramme bloc d'une cellule charge qui réalise l'autre partie du dispositif de détection selon la présente invention.

20 La figure 21 est une vue en perspective d'un des modules montré à la figure 17 selon la présente invention.

La figure 22 est une vue de face d'une entretoise connue dans l'art antérieur.

La figure 23 est une vue de face d'une entretoise  
25 modifiée pour une application selon la présente invention.

La figure 24 est une vue de face d'une autre entretoise modifiée pour une application selon la présente invention.

La figure 25 est une vue de face d'un palonnier connu dans l'art antérieur.

30 La figure 26 est une vue de face d'un palonnier modifié pour l'application selon la présente invention.

La figure 27 est un diagramme de circuit schématique d'un mode de réalisation préféré d'une paire d'interrupteurs électromécanique et électronique selon la présente invention.

5 La figure 28 est une représentation conceptuelle de côté d'un éclateur thermique montré à la figure 26 dans une première position. Par éclateur thermique nous entendons un dispositif qui, dans un premier temps, produit un arc lorsque survient une surtension aux bornes d'un espace, et,  
10 dans un deuxième temps, produit un court-circuit de l'espace lorsque le courant produit par l'arc dépasse un certain seuil.

La figure 29 est une représentation conceptuelle de côté de l'éclateur thermique montré à la figure 26 dans une  
15 seconde position.

La figure 30 est une représentation conceptuelle en perspective d'un autre éclateur thermique selon la présente invention.

La figure 31 est une vue de face d'un pylône supportant  
20 une ligne de transport d'énergie.

#### Description détaillée des dessins:

Dans la description qui suit, les mêmes repères numériques désignent des éléments semblables. Selon une  
25 première application de la présente invention, nous expliquerons comment elle peut être utilisée pour dégivrer un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique par effet Joule.

On peut en principe dégivrer une ligne de transport  
30 d'électricité par effet Joule en une période de temps inférieure à celle où l'accumulation de la glace atteint une

valeur critique, c'est-à-dire son point de rupture mécanique en utilisant la chaleur produite par un courant inférieur au courant de conception de la ligne qui est aussi appelé le courant nominal de la ligne.

5        Pour une ligne de transport d'énergie électrique à haute tension, on utilise en général pour chaque ligne de phase plusieurs conducteurs pour réduire les pertes par effet couronne. Cependant, pour une ligne de phase à conducteurs multiples, le courant nominal de la ligne de transport d'énergie électrique est généralement trop faible  
10        pour permettre de la dégivrer par effet Joule selon la formule  $R \cdot I^2$ . Pour permettre un dégivrage par effet Joule, on propose l'utilisation d'un appareil qui comporte des paires d'interrupteurs électromécanique et électronique,  
15        branchés en série avec les conducteurs de chaque ligne de phase pour concentrer le courant d'une ligne de phase dans un ou dans quelques uns de ses conducteurs. Par exemple, pour une ligne de transport d'énergie électrique de 735 kV avec un courant nominal de 2000 A à quatre conducteurs par  
20        ligne de phase, la concentration du courant dans un seul conducteur accroît par 16 la production de chaleur selon la formule  $R \cdot I^2$ . Un tel appareil peut aussi être utilisé pour supprimer le galop sur la ligne de transport d'énergie électrique par suppression du verglas.

25        Ainsi, prenons pour exemple une ligne de transport d'énergie électrique de x phases où chaque ligne de phase à n conducteurs. Selon la présente invention, l'appareil comprend n paires d'interrupteurs électromécanique et électronique par ligne de phase pour permettre de concentrer  
30        le courant d'une phase dans un ou quelques uns de ses conducteurs. Les conducteurs sont bien sûr isolés les uns

par rapport aux autres. À chaque bout du tronçon, les  $n$  conducteurs de chaque ligne de phase sont mis en court-circuit.

Si l'on se réfère maintenant à la figure 1, on peut voir une partie d'un appareil de commutation pour un tronçon 3 d'une ligne de transport d'énergie électrique selon la présente invention. La ligne de transport d'énergie électrique peut comporter plusieurs lignes de phase. Dans le cas présent, la ligne de transport d'énergie électrique comporte trois lignes de phase 5, 7 et 9. Chacune des lignes de phase 5, 7 et 9 comporte plusieurs conducteurs 4 isolés électriquement les uns des autres pour conduire le courant de phase. Les conducteurs de chaque ligne de phase sont court-circuités entre eux aux deux extrémités du tronçon 3 par des courts-circuits 2.

L'appareil selon la présente invention comprend des paires d'interrupteurs électromécanique et électronique 6 branchés en parallèle, pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs 4 de chaque ligne de phase 5, 7 ou 9 de façon à conduire le courant de phase correspondant à travers un ou plusieurs conducteurs. Un mode de réalisation préféré de chaque paire d'interrupteurs sera montré avec plus de détails sur la figure 1a.

L'appareil comprend également un dispositif de détection pour détecter les conditions d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport d'énergie électrique. Ce dispositif de détection est réalisé en partie par le circuit montré à la figure 16 et en partie par le circuit montré à la figure 20.

L'appareil comprend également un dispositif de commande pour commander les paires d'interrupteurs électromécanique

et électronique en fonction des conditions d'opération. Les interrupteurs de chaque paire 6 sont commandés de façon indépendante par des signaux de commande. Un mode de réalisation préféré du dispositif de commande sera décrit et  
5 montré en relation avec la figure 16.

Chaque ligne de phase comporte quatre conducteurs 4 et est munie de quatre paires d'interrupteurs 6. De plus, sur chaque ligne de phase, un circuit équivalent des inductances et des inductances mutuelles de ligne 8, et des résistances  
10 de ligne 10 est indiqué. Pour les fins de discussion, on néglige les effets capacitifs de la ligne. Les paires d'interrupteurs 6 d'une ligne de phase à  $n$  conducteurs peuvent faire passer du courant dans 1, 2, ... ou  $n$  conducteurs dépendamment du courant disponible pour fins de  
15 dégivrage. Pour des raisons de sécurité, les paires d'interrupteurs électromécanique et électronique sont commandées de façon à conduire le courant de phase de chaque ligne de phase à travers au moins un des interrupteurs électromécaniques correspondants pour ne pas ouvrir la  
20 ligne. Ainsi, les interrupteurs électromécaniques des paires d'interrupteurs 6 n'ouvrent jamais tous simultanément les  $n$  conducteurs d'une ligne de phase.

Des entretoises comme celles montrées aux figures 23 et 24 sont prévues pour tenir les conducteurs d'une même ligne  
25 de phase à une certaine distance les uns des autres entre les pylônes. Ces entretoises doivent être capables d'isoler électriquement les conducteurs d'une même ligne de phase les uns des autres.

Des palonniers comme celui montré à la figure 26 sont  
30 montés sur les pylônes et relient mécaniquement les conducteurs aux isolateurs. Ces palonniers doivent isoler

électriquement les conducteurs d'une même ligne de phase les uns des autres. Des éclateurs classiques 12 qui peuvent être des éclateurs à semi-conducteur tels que des diodes avalanches ou des varistors, comme ceux montrés à la figure 1 sont prévus pour protéger les isolateurs des palonniers et des entretoises lors d'une surcharge en courant de ligne qui peut induire une surtension entre les conducteurs de la ligne de phase.

Selon une deuxième application, la présente invention peut être utilisée pour gérer l'écoulement de puissance dans un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique en changeant l'impédance série de la ligne avec les paires d'interrupteurs. Par exemple, pour changer l'écoulement de puissance sur une bouche de ligne de transmission à 735 kV alimentée par des lignes provenant des barrages éloignés, il suffit de modifier la position d'opération des paires d'interrupteurs de l'appareil de commutation pour modifier l'écoulement de puissance. À cet effet, on peut ouvrir de façon permanente des interrupteurs électromécaniques de paires d'interrupteurs prédéterminées associées à des lignes de phase prédéterminées, et utiliser les interrupteurs électroniques des paires d'interrupteurs prédéterminées pour ouvrir et fermer les conducteurs correspondants et ainsi commander en temps réel l'écoulement de puissance et stabiliser le réseau électrique avec une commande fine et active.

Un changement d'impédance sur différentes lignes va produire un écoulement de puissance différent. Il existe un très grand nombre de combinaisons possibles en fonction de l'état dans lequel on place les différentes paires d'interrupteurs. L'application décrite ci-dessus s'avère

très utile pour effectuer une stabilisation active du réseau par commande dynamique de l'écoulement de puissance.

En se référant à la figure 1a, on peut voir que chaque paire d'interrupteurs comprend un interrupteur électronique 7 en parallèle avec un interrupteur mécanique 5 pour former une paire d'interrupteurs électromécanique et électronique 6. Selon un mode de réalisation, l'interrupteur électronique 7 est utilisé pour permettre les transitions de l'interrupteur mécanique correspondant et est asservi à ce dernier. Cependant, selon un autre mode de réalisation, on peut utiliser l'interrupteur électronique pour prendre la relève de l'interrupteur mécanique 5 si ce dernier, suite à un défaut, demeure en position ouverte pour certains conducteurs de la ligne de phase.

L'interrupteur électromécanique 5 est muni d'un amortisseur 9. Lorsque la paire d'interrupteurs 6 doit fermer, l'interrupteur électronique 7 ferme avant l'interrupteur mécanique, et lorsque le commutateur 6 doit ouvrir, l'interrupteur mécanique 5 ouvre avant l'interrupteur électronique 7. L'interrupteur électronique 7 peut être par exemple un thyristor, triac, GTO, MOSFET, IGBT, etc.

Pour réaliser une commande de l'écoulement de puissance, l'interrupteur électronique 7 doit pouvoir être commandé par une commande venant de l'extérieur à travers un récepteur de commande. La présence d'un récepteur de commande permet de changer en temps réel l'écoulement de puissance du réseau en changeant dynamiquement l'impédance des lignes, en commandant uniquement les interrupteurs électroniques 7 après avoir ouvert les interrupteurs mécaniques 5 sur certains conducteurs. Cette commande



s'effectue à partir d'une unité centrale qui analyse l'écoulement de puissance et envoie les signaux appropriés aux différents récepteurs de commande pour fermer ou ouvrir, en régime dynamique, les différents interrupteurs électroniques.

En se référant maintenant à la figure 2, on peut voir deux tronçons de ligne adjacents chacun muni de paires d'interrupteurs 6. Pour une longueur de tronçon donnée, les paires d'interrupteurs 6 doivent être capables de commuter une valeur de tension donnée. Plus le tronçon est long, plus la tension que les paires d'interrupteurs 6 doivent commuter et que les entretoises et les palonniers du tronçon de ligne doivent supporter est élevée. Par exemple, dans la figure 1, supposons que les paires d'interrupteurs 6 peuvent commuter 10,000 volts, cela détermine une longueur de tronçon maximale. Si l'on veut doubler la longueur du tronçon tout en utilisant des paires d'interrupteurs adaptés pour une tension de 10,000 volts, on peut utiliser la configuration montrée à la figure 2.

En se référant maintenant à la figure 3, on propose une configuration pour doubler la longueur du tronçon de ligne montré à la figure 1 en utilisant des paires de commutateurs 6 aptes à commuter une tension de 20,000 volts. Toutefois, pour limiter la tension que devront supporter les entretoises et les palonniers du tronçon de ligne à 10,000 volts, les paires de commutateurs seront disposés substantiellement au milieu du tronçon.

En se référant maintenant aux figures 4 et 5, on propose des configurations semblables à celles montrées aux figures 1 et 3 pour dégivrer une ligne de transport d'énergie lorsque celle-ci est hors tension. Il est

important de noter que la présente invention peut très bien dégivrer une ligne de transport d'énergie lorsque celle-ci est sous tension. Cependant, dans le cas où l'on effectue un dégivrage lorsque la ligne est hors tension, on utilise  
5 alors une source de courant externe 96 par exemple une source de courant montée sur camion que l'on branche de part et d'autre des paires d'interrupteurs 6 par des pinces 98. En faisant passer du courant dans un ou quelques uns des conducteurs, on dégivre la ligne de transport.

10 En se référant maintenant à la figure 6, on peut voir un dispositif de commutation électromécanique qui regroupe des interrupteurs électromécaniques 5. Chaque interrupteur électromécanique 5 est destiné à être branché en série avec un des conducteurs du tronçon de ligne. Des contacts  
15 conducteurs mobiles 22 sont branchés respectivement aux bornes 18. Des contacts conducteurs fixes 24 sont branchés respectivement aux bornes 20. Les contacts conducteurs fixes 24 sont respectivement associés aux contacts conducteurs mobiles 22. Chacun des contacts conducteurs mobiles ou  
20 chacun des contacts conducteurs fixes présente une surface conductrice de contact partiellement discontinue 26. Dans le cas présent, les contacts conducteurs mobiles 22 sont munis desdites surfaces de contact partiellement discontinues 26.

Un dispositif de guidage qui n'est pas montré sur cette  
25 figure 6 est prévu pour guider les contacts conducteurs mobiles 22 par rapport aux contacts conducteurs fixes correspondants 24 selon des parcours donnés. Les surfaces de contact partiellement discontinues 26 sont agencées de sorte que tout au long des parcours il y a toujours au moins une  
30 connexion entre un des contacts conducteurs mobiles et un des contacts conducteurs fixes. De plus, un moyen moteur qui

n'est pas montré sur cette figure 6 est prévu pour déplacer les contacts conducteurs mobiles le long du parcours.

La partie de chaque contact conducteur mobile qui présente la surface de contact partiellement discontinue 26 est appelée tige de commutation. Les bornes 18 sont reliées aux contacts mobiles par des isolateurs de traverse 28 qui isolent le conducteur 25 du conducteur 23.

En se référant maintenant à la figure 7, on peut voir un exemple de diagramme logique montrant sept positions possibles d'un dispositif de commutation électromécanique comportant quatre interrupteurs électromécaniques par rapport aux quatre conducteurs d'une ligne de phase, selon la présente invention. Dans le tableau, le chiffre 0 indique que le conducteur est ouvert tandis que le chiffre 1 indique que le conducteur est fermé.

En se référant maintenant à la figure 8, on peut voir une représentation schématique d'un dispositif de commutation électromécanique qui réalise le diagramme logique montré à la figure 7. On peut voir selon l'axe horizontal les différentes positions 1 à 7 que peut occuper le dispositif de commutation. On peut voir également selon les axes verticaux, les quatre conducteurs 4 qui sont numérotés de 1 à 4. Quelle que soit la position des contacts mobiles 22, au moins un des conducteurs de la ligne de phase est toujours en position de faire passer du courant.

En se référant maintenant aux figures 9 à 14, on peut voir un mode de réalisation préférentiel où les interrupteurs électromécaniques d'une même ligne de phase sont regroupés dans un seul dispositif de commutation électromécanique. La figure 11 montre de façon complète le dispositif montré à la figure 9 dans la position d'opération

numéro 1 du diagramme logique montré à la figure 7. La figure 12 montre de façon complète le dispositif de commutation montré aux figures 9 et 11, dans la position d'opération numéro 7 du diagramme logique montré à la figure 7. Ce dispositif de commutation électromécanique comprend un bâti 35, des bornes 20 montées sur le bâti 35 et branchées respectivement à des premières sections des conducteurs de la ligne de phase (non montré), et des contacts conducteurs fixes 24 branchés aux bornes 20.

10 Le dispositif de commutation électromécanique comprend également des bornes 18 montées sur le bâti 35 et branchées respectivement à des deuxième sections des conducteurs de la ligne de phase (non montré). Le dispositif de commutation électromécanique comprend également un chariot mobile apte à se déplacer par rapport au bâti 35 le long d'un parcours. Ce chariot comporte des contacts conducteurs mobiles 22 branchés aux bornes 18. Les contacts conducteurs mobiles 22 ont respectivement des surfaces conductrices partiellement discontinues 26 agencées les unes par rapport aux autres pour que tout au long du parcours, au moins un des conducteurs de la ligne de phase soit fermé par une connexion entre au moins un des contacts conducteurs mobiles 22 et au moins un des contacts conducteurs fixes 24.

25 Le dispositif de commutation électromécanique comprend également un dispositif de guidage pour guider le chariot le long de son parcours. Ce dispositif de guidage comprend des rails 36 montés sur le bâti 35, et des roulements linéaires 34 montés sur le chariot et aptes à glisser le long des rails 36. Des câbles flexibles 39 connectent les contacts conducteurs mobiles 22 aux bornes 18. Les flèches montrées sur les figures 9, 11 et 12 montrent un sens de déplacement

possible du chariot.

Un dispositif moteur est prévu pour déplacer le chariot le long de son parcours. Ce dispositif moteur est contrôlé par le circuit montré à la figure 16. Ce dispositif moteur comprend un moteur 40 monté dans le bâti. Il comprend également un réducteur de vitesse 50 couplé au moteur 40. Une vis mère 52 est prévue. Elle a une de ses extrémités connectée au réducteur de vitesse 50 et son autre extrémité 54 fixée à un point d'ancrage du bâti. Ce dispositif moteur comprend également un berceau 56 apte à se déplacer le long de la vis mère 52. Le berceau 56 est solidaire avec le chariot pour le déplacer lorsque le moteur 40 est actionné.

Un dispositif de régularisation est prévu pour régulariser le mouvement du chariot durant son parcours. Ce dispositif de régularisation comprend une tige flexible à ressort 42 ayant une extrémité connectée au chariot et une autre extrémité munie d'un élément de positionnement 44. Le dispositif de régularisation comprend également un membre allongé 46 monté sur le bâti 35 et muni d'encoches 48 positionnées en relation avec le parcours du chariot et aptes à coopérer avec l'élément de positionnement 44 durant le parcours du chariot de façon à le stabiliser dans différentes positions d'opération.

En opération, lorsque le moteur 40 est actionné, une force tend à déplacer le chariot mais dans un premier temps, l'élément de positionnement 44 résiste à ce déplacement. Puis, après un certain temps lorsque la force est suffisante pour contrecarrer l'effet de la tige flexible à ressort 42, l'élément de positionnement 44 sort de son encoche et va se positionner rapidement dans l'encoche suivante. Ceci permet un déplacement rapide des contacts mobiles 22 en relation

avec des positions prédéterminées.

L'appareil comprend en outre un dispositif indicateur pour indiquer la position d'opération actuelle du chariot. Le dispositif indicateur comprend une tige flexible à  
5 ressort 41 ayant une de ses extrémités connectée au chariot et son autre extrémité munie d'un élément indicateur 39. Le dispositif indicateur comprend également une partie de paroi externe du bâti 35 qui est munie de trous 37 positionnés en relation avec le parcours du chariot. Ces trous 37 sont  
10 aptes à coopérer avec l'élément indicateur 39 durant le parcours du chariot de façon à indiquer à un observateur externe au bâti 35 la position d'opération actuelle du chariot.

L'élément indicateur 39 qui peut être par exemple une  
15 bille de couleur rouge est relié aux roulements linéaires 34 par la tige flexible à ressort 41. Lorsque le roulement linéaire bouge, il entraîne avec lui la bille qui bouche alors une des ouvertures 37 pour indiquer à un observateur extérieur au bâti la position des contacts mobiles 22.

20 En se référant maintenant plus spécifiquement aux figures 9 et 10, on peut voir que le dispositif de commutation électromécanique présente quatre interrupteurs électromécaniques 5. La figure 10 montre une vue en coupe partielle et schématique du dispositif de commutation  
25 électromécanique dans laquelle on peut voir la disposition des tiges conductrices 22 par rapport aux rails 36. Un isolant électrique 38 est prévu pour isoler les tiges de commutation les unes par rapport aux autres.

En se référant maintenant à la figure 15, on peut voir  
30 selon un autre mode de réalisation préférentiel comment quatre interrupteurs électromécaniques d'une même ligne de

phase peuvent être regroupés dans un dispositif de commutation électromécanique. Ce dispositif de commutation électromécanique comprend un bâti 35, des bornes 18 montées sur le bâti 35 et branchées respectivement à des premières  
5 sections des conducteurs de la ligne de phase (non montré), et un chariot mobile apte à se déplacer par rapport au bâti 35 le long d'un parcours.

Le chariot comporte des contacts conducteurs mobiles 22 branchés aux bornes 18. Le dispositif de commutation  
10 électromécanique comprend également des bornes 20 montées sur le bâti et branchées respectivement à des deuxièmes sections des conducteurs de la ligne de phase (non montré). De plus, le dispositif de commutation électromécanique comporte des contacts conducteurs fixes 24 branchés aux  
15 bornes 20. Les contacts conducteurs fixes 24 ont respectivement des surfaces conductrices partiellement discontinues 26 agencées les unes par rapport aux autres pour que tout au long du parcours du chariot au moins un des conducteurs de la ligne de phase soit fermé. Ce dispositif  
20 de commutation électromécanique comprend également un dispositif de guidage et un dispositif moteur semblables à ceux montrés aux figures 9 à 14.

Ainsi, comme on peut le voir dans le mode de réalisation montré à la figure 15, les surfaces de contact  
25 26 sont sur les contacts fixes 24 et les contacts mobiles 22 sont réalisés par des curseurs qui sont solidaires des roulements linéaires 34 guidés par les rails 36. Des isolants 38 sont prévus pour isoler les deux contacts mobiles 22, l'un par rapport à l'autre.

30 En se référant maintenant à la figure 16, on peut voir un mode de réalisation préférentiel d'une unité qui comprend

le dispositif de commande et une partie du dispositif de détection. L'unité comprend un processeur 70 ayant un premier port d'entrée 74 pour recevoir des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, des  
5 seconds ports d'entrée 76 pour recevoir des signaux indicatifs des tensions aux bornes des paires d'interrupteurs, et des sorties 77 et 79 pour générer des signaux de commande. Le dispositif comprend également un émetteur radiofréquence 66 branché au processeur 70 pour  
10 émettre des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, et des tensions aux bornes des paires d'interrupteurs. Un récepteur radiofréquence 64 est également prévu. Le récepteur 64 et l'émetteur 66 sont respectivement munis d'antennes 68. Le récepteur 64 est  
15 branché au processeur 70 pour recevoir des signaux radiofréquences de commande à partir desquels les signaux de commande sont produits. L'unité comprend également un amplificateur 72 branché au processeur 70 pour commander le moteur 40 en fonction des signaux de commande.

20 Un dispositif d'alimentation électrique est prévu pour alimenter le processeur 70, le récepteur 64, l'émetteur 66 et l'amplificateur 72. Ce dispositif d'alimentation électrique comprend une première source d'alimentation électrique 78 comportant une batterie 82 et un capteur  
25 solaire 80 branché à la batterie 82. Ce dispositif d'alimentation électrique comprend également une seconde source d'alimentation électrique 81 branchée en parallèle à la première source d'alimentation électrique 78, et ayant des entrées 83 branchées aux conducteurs d'une ligne de  
30 phase. Ainsi, lorsqu'un des conducteurs est ouvert, l'alimentation peut se faire à partir de ce conducteur au



moyen de l'alimentation 81 via une des entrées 83.

Le processeur 70 comprend également un port de communication 75 relié à un compte-tour de la vis mère 52 pour connaître sa position. Le port 74 du processeur 70 sert à recevoir un signal représentatif de la position du chariot du dispositif de commutation électromécanique qui regroupe les interrupteurs électromécaniques pour une même ligne de phase. La position du chariot est représentative de la position de chacun des interrupteurs électromécaniques qui y sont associés.

Le récepteur 64 et l'émetteur 66 permettent respectivement de recevoir et d'émettre des signaux radiofréquences. Les paires d'interrupteurs sont actionnés en fonction des signaux radiofréquences reçus. Les signaux radiofréquences émis par l'émetteur 66 permettent de confirmer la réception des signaux radiofréquences de commande et éventuellement l'exécution des commandes effectuées. Le récepteur 64 est apte en permanence à recevoir les signaux radiofréquences à distance qui sont codés.

Selon une façon préférentielle de procéder, on transmet un premier code contenant une identification d'une paire d'interrupteurs, une fenêtre de temps et ainsi qu'un mot de passe. Ensuite, on transmet un second code contenant une identification de la paire d'interrupteurs à actionner, la commande à effectuer, une information relative au temps à laquelle ladite commande doit être effectuée ainsi que le mot de passe. La commande associée au second code est effectuée seulement si le mot de passe du second code correspondant à celui du premier code, et si le temps d'exécution du second code est à l'intérieur de la fenêtre

de temps définie dans le premier code.

L'émetteur 66 qui fonctionne de façon intermittente ou en continu confirme la commande reçue, le temps d'exécution de la commande, l'état des batteries et la tension dans les conducteurs. L'information relative à la tension aux bornes  
5 d'un conducteur ouvert permet en même temps de déterminer le courant qui passe à travers les autres conducteurs qui sont fermés. Un récepteur et un émetteur de zone qui ne sont pas illustrés sont également prévus pour recevoir des données de  
10 cellules de charge (montré aux figures 18, 19 et 20) qui sont montées sur les lignes de phase et retransmettre les données reçues des cellules de charge à distance à un poste de commande central (non montré).

Selon un mode d'opération préféré, l'émetteur de la  
15 cellule de charge peut être mis en opération de façon intermittente pour transmettre différentes données sur demande ou à période fixe. Par exemple, un émetteur de 5 W pourrait fonctionner durant une milliseconde à toutes les quinze minutes.

20 En se référant maintenant à la figure 17, on peut voir une vue de face d'un pylône muni de modules 92 selon la présente invention qui sont supportés par des supports 90. Chaque module 92 comprend l'unité montrée à la figure 16 et un dispositif de commutation électromécanique comme celui  
25 montré à la figure 11 ou 15.

En se référant maintenant à la figure 18, on peut voir une vue de côté du pylône montré à la figure 17. Sur cette figure, on peut voir que les modules 92 n'ont pas à supporter la tension mécanique qui est présente dans la  
30 ligne de transmission 94. De plus, on peut voir quatre cellules de charge 91 qui sont montées sur les lignes de

phase.

En se référant maintenant à la figure 19, on peut voir une vue de côté d'un pylône électrique où l'on montre une seconde façon de soutenir les modules 92. Également, on peut  
5 voir sur cette figure quatre cellules de charge 91 qui sont montées sur les lignes de phase.

En se référant maintenant à la figure 20, on peut voir un schéma bloc d'une cellule de charge. De préférence, une partie du dispositif de détection se trouve dans le circuit  
10 montré à la figure 16, et l'autre partie est réalisée par les cellules de charge. Chaque cellule de charge comprend de préférence un processeur 110, une alimentation électrique 116 munie d'au moins une batterie 117, un capteur solaire 118 relié à l'alimentation électrique 116, un émetteur 112  
15 muni d'une antenne 114, un senseur de charge 120, un senseur d'inclinaison 122 et un senseur de température 124.

Le senseur de charge 120 est pour mesurer une valeur de charge supportée par la ligne de phase correspondante. Le senseur d'inclinaison 122 est pour mesurer l'inclinaison de  
20 la cellule de charge par rapport à un axe vertical. Le senseur de température 124 est pour mesurer une température ambiante. L'émetteur radiofréquence 112 est pour émettre des signaux indicatifs de la valeur de charge, de l'inclinaison et de la température ambiante.

25 Le capteur solaire 118 et la batterie 117 alimentent la cellule de charge. Les cellules de charge sont utilisées pour mesurer la charge de verglas. Elles permettent aussi de mesurer les paramètres du galop de la ligne. À partir des cellules de charge, on détermine la mise en service du  
30 système de dégivrage ou confirme le succès de l'opération de dégivrage. Plusieurs cellules de charge peuvent être

associées à un tronçon de ligne. L'information émise par les différentes cellules de charge est transmise à un poste central (non montré) qui commande les modules 92 montrés aux figures 17, 18 et 19.

5           En se référant maintenant aux figures 1, 16 et 20, nous décrirons une méthode de commutation selon la présente invention qui comprend les étapes suivantes (a) détecter des conditions d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport d'énergie électrique, et (b) commander des paires  
10 d'interrupteurs électromécaniques 6 en fonction des conditions d'opération détectées à l'étape (a) pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase de façon à conduire le courant de phase correspondant à travers un ou plusieurs conducteurs. Des  
15 signaux de commande sont prévus pour que les interrupteurs de chaque paire puissent être commandés de façon indépendante.

De préférence, on peut faire la commande des paires d'interrupteurs pour que lors d'une fermeture d'une paire  
20 d'interrupteurs, on produise des signaux de commande causant une fermeture de l'interrupteur électronique avant une fermeture de l'interrupteur électromécanique, et lors d'une ouverture d'une paire d'interrupteurs, produire des signaux de commande causant une ouverture de l'interrupteur  
25 électromécanique avant une ouverture de l'interrupteur électronique. Cette façon de procéder permet de faire la commutation de façon sécuritaire.

L'étape (a) de la méthode selon la présente invention peut comprendre de façon préférentielle les étapes suivantes  
30 (i) détecter des positions d'opération des interrupteurs,  
(ii) mesurer des tensions aux bornes des paires

d'interrupteurs, (iii) mesurer pour chaque ligne de phase une valeur de charge qui est supportée au moyen de cellules de charge 91, des inclinaisons des cellules de charge 91 par rapport à un axe vertical, et des températures ambiantes aux  
5 cellules de charge 91, (iv) émettre des signaux radiofréquences indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, des tensions, des valeurs de charge, des inclinaisons et des températures ambiantes, (v) suite à l'étape (iv), recevoir au moyen du récepteur 64 des signaux  
10 radiofréquences de commande, et (vi) produire les signaux de commande en fonction des signaux radiofréquences de commande. Les signaux de commande sont générés aux sorties 77 et 79.

En se référant maintenant à la figure 21, on peut voir  
15 une vue en perspective d'un des modules 92 montré aux figures 17, 18 et 19. On peut voir les bornes 18 du dispositif de commutation, ainsi que les isolateurs de traverse 28. On peut voir également les ouvertures 37 ainsi que la bille 39 qui servent à indiquer la position des  
20 contacts mobiles à un technicien se trouvant sur les lieux.

En se référant maintenant à la figure 22, on peut voir une vue de face d'une entretoise standard 110. De par sa construction, cette entretoise isole électriquement les quatre conducteurs les uns par rapport aux autres mais  
25 l'isolation en question est insuffisante si l'on veut appliquer la présente invention sur des tronçons de ligne relativement longs.

En se référant à la figure 23, on peut voir une entretoise 112 dont on a augmenté la capacité d'isolation en  
30 réalisant certaines parties 114 avec un matériau isolant comme par exemple un polymère ou de la céramique.

En se référant maintenant à la figure 24, on peut voir une vue de face d'une autre entretoise 116 dont on a augmenté la capacité d'isolation en réalisant une partie 118 avec un matériau isolant comme par exemple un polymère ou de la céramique.

En se référant maintenant à la figure 25, on peut voir une vue de face d'un palonnier standard 120. De par sa construction, ce palonnier qui est monté sur le pylône n'isole pas électriquement les quatre conducteurs les uns par rapport aux autres.

En se référant maintenant à la figure 26, on peut voir une vue de face d'un palonnier 122 dont on a isolé les pinces qui supportent les conducteurs en réalisant certaines parties 124 avec un matériau isolant comme par exemple un polymère ou de la céramique.

En se référant maintenant à la figure 27, on peut voir un mode de réalisation préférentiel d'une paire d'interrupteurs 6 montrés aux figures 1 à 5. Ce mode de réalisation permet de protéger les interrupteurs électronique et électromécanique 7 et 5. Ainsi, parallèlement aux interrupteurs électronique et électromécanique 7 et 5, on ajoute un éclateur à semi-conducteur tel qu'une diode avalanche ou un varistor 100 pour assurer la conduction en cas de surtension et protéger les interrupteurs. De plus, pour assurer la continuité de la ligne en cas d'un défaut majeur, un éclateur à déclenchement thermique 102 peut être mis en parallèle avec les interrupteurs. Cet éclateur 102 devient court-circuit si suffisamment d'énergie est dissipée pour faire fondre le fil de retenue du mécanisme à ressort.

En se référant maintenant aux figures 28 et 29, on peut

voir respectivement l'éclateur à déclenchement thermique 102 dans une position armée et dans une position activée. Les flèches montrées dans ces figures indiquent le sens de fermeture des contacts. L'éclateur 102 comprend un contact fixe 122 relié à un conducteur 120 et un contact mobile 124 relié au conducteur 130. Le contact mobile 124 est retenu par un fil fusible 128 et est armé au moyen d'un ressort 126. Lorsque le courant est suffisant, celui-ci fait fondre le fil fusible 128 qui cède, et le ressort 126 pousse le contact mobile 124 vers le contact fixe 122.

En se référant maintenant à la figure 30, on peut voir un autre mode de réalisation d'un éclateur à déclenchement thermique 102. Cet éclateur 102 comprend un contact fixe 142 et un contact mobile 138 qui est retenu par un fil fusible 140 et une manette de déclenchement 134. Le contact mobile est armé au moyen d'un ressort 136. Lorsque le fil fusible cède, le ressort 136 pousse le contact mobile 138 vers le contact fixe 142.

En se référant maintenant à la figure 31, on peut voir un autre mode de réalisation pour monter les cellules de charge 91. Celles-ci sont montées par rapport au palonnier 93.

## REVENDEICATIONS

1. Un appareil de commutation pour un tronçon d'une  
5 ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs  
lignes de phase, chacune des lignes de phase comportant  
plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des  
autres et branchés en parallèle pour conduire un courant de  
phase, les conducteurs de chaque ligne de phase étant court-  
10 circuités entre eux à deux extrémités du tronçon, l'appareil  
comprenant:

des paires d'interrupteurs électromécanique et  
électronique branchés en parallèle, pour ouvrir et fermer de  
façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase de  
15 façon à conduire le courant de phase correspondant à travers  
un ou plusieurs conducteurs;

des moyens de détection pour détecter des conditions  
d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport  
d'énergie électrique; et

20 des moyens de commande pour commander les paires  
d'interrupteurs électromécanique et électronique en fonction  
des conditions d'opération courantes du tronçon, les  
interrupteurs de chaque paire étant commandés de façon  
indépendante par des signaux de commande.

25

2. Un appareil selon la revendication 1, dans lequel  
les interrupteurs électromécaniques d'une même ligne de  
phase sont regroupés dans un dispositif de commutation  
électromécanique qui comprend:

30 un bâti;



des premières bornes montées sur le bâti et branchées respectivement à des premières sections des conducteurs de la ligne de phase;

des contacts conducteurs fixes branchés aux premières  
5 bornes;

des deuxièmes bornes montées sur le bâti et branchées respectivement à des deuxièmes sections des conducteurs de la ligne de phase;

un chariot mobile apte à se déplacer par rapport au  
10 bâti le long d'un parcours, le chariot incluant des contacts conducteurs mobiles branchés aux deuxièmes bornes, les contacts conducteurs mobiles ayant respectivement des surfaces conductrices partiellement discontinues agencées les unes par rapport aux autres pour que tout au long du  
15 parcours au moins un des conducteurs de la ligne de phase soit fermé par une connexion entre au moins un des contacts conducteurs mobiles et au moins un des contacts conducteurs fixes;

des moyens de guidage pour guider le chariot le long du  
20 parcours; et

des moyens moteurs pour déplacer le chariot le long du parcours, les moyens moteurs étant commandés par les moyens de commande.

25 3. Un appareil selon la revendication 1, dans lequel les interrupteurs électromécaniques d'une même ligne de phase sont regroupés dans un dispositif de commutation électromécanique qui comprend:

un bâti;

des premières bornes montées sur le bâti et branchées respectivement à des premières sections des conducteurs de la ligne de phase;

un chariot mobile apte à se déplacer par rapport au  
5 bâti le long d'un parcours, le chariot incluant des contacts conducteurs mobiles branchés aux premières bornes;

des deuxièmes bornes montées sur le bâti et branchées respectivement à des deuxièmes sections des conducteurs de la ligne de phase;

10 des contacts conducteurs fixes branchés aux deuxièmes bornes, les contacts conducteurs fixes ayant respectivement des surfaces conductrices partiellement discontinues agencées les unes par rapport aux autres pour que tout au long du parcours du chariot au moins un des conducteurs de  
15 la ligne de phase soit fermé par une connexion entre au moins un des contacts conducteurs mobiles et au moins un des contacts conducteurs fixes;

des moyens de guidage pour guider le chariot le long du parcours; et

20 des moyens moteurs pour déplacer le chariot le long du parcours, les moyens moteurs étant commandés par les moyens de commande.

4. Un appareil selon la revendication 2, dans lequel  
25 les moyens de guidage comprennent des rails montés sur le bâti, et des roulements linéaires montés sur le chariot et aptes à glisser le long des rails.

5. Un appareil selon la revendication 3, dans lequel  
30 les moyens de guidage comprennent des rails montés sur le

bâti, et des roulements linéaires montés sur le chariot et aptes à glisser le long des rails.

6. Un appareil selon la revendication 2, comprenant en outre des moyens de régularisation pour régulariser un mouvement du chariot durant son parcours, lesdits moyens de régularisation comprenant:

une tige flexible à ressort ayant une première extrémité connectée au chariot et une seconde extrémité munie d'un élément de positionnement; et

un membre allongé monté sur le bâti et muni d'encoches positionnées en relation avec le parcours du chariot et aptes à coopérer avec l'élément de positionnement durant le parcours du chariot de façon à stabiliser ledit chariot dans différentes positions d'opération.

7. Un appareil selon la revendication 3, comprenant en outre des moyens de régularisation pour régulariser un mouvement du chariot durant son parcours, lesdits moyens de régularisation comprenant:

une tige flexible à ressort ayant une première extrémité connectée au chariot et une seconde extrémité munie d'un élément de positionnement; et

un membre allongé monté sur le bâti et muni d'encoches positionnées en relation avec le parcours du chariot et aptes à coopérer avec l'élément de positionnement durant le parcours du chariot de façon à stabiliser ledit chariot dans différentes positions d'opération.

8. Un appareil selon la revendication 2, comprenant en outre des moyens indicateurs pour indiquer une position

d'opération actuelle du chariot, lesdits moyens indicateurs comprenant :

une tige flexible à ressort ayant une première extrémité connectée au chariot et une seconde extrémité  
5 munie d'un élément indicateur; et

une partie de paroi externe du bâti, munie de trous positionnés en relation avec le parcours du chariot et aptes à coopérer avec l'élément indicateur durant le parcours du chariot de façon à indiquer à un observateur externe au bâti  
10 le position d'opération actuelle du chariot.

9. Un appareil selon la revendication 3, comprenant en outre des moyens indicateurs pour indiquer une position d'opération actuelle du chariot, lesdits moyens indicateurs  
15 comprenant :

une tige flexible à ressort ayant une première extrémité connectée au chariot et une seconde extrémité munie d'un élément indicateur; et

une partie de paroi externe du bâti, munie de trous  
20 positionnés en relation avec le parcours du chariot et aptes à coopérer avec l'élément indicateur durant le parcours du chariot de façon à indiquer à un observateur externe au bâti le position d'opération actuelle du chariot.

25 10. Un appareil selon la revendication 2, dans lequel les moyens moteurs comprennent :

un moteur monté dans le bâti et commandé par les moyens de commande;

un réducteur de vitesse couplé au moteur;

une vis mère ayant une première extrémité connectée au réducteur de vitesse, et une seconde extrémité fixée à un point d'ancrage du bâti;

un berceau apte à se déplacer le long de la vis mère,  
5 le berceau étant solidaire avec le chariot pour déplacer ledit chariot lorsque le moteur est actionné.

11. Un appareil selon la revendication 3, dans lequel les moyens moteurs comprennent:

10 un moteur monté dans le bâti et commandé par les moyens de commande;

un réducteur de vitesse couplé au moteur;

une vis mère ayant une première extrémité connectée au réducteur de vitesse, et une seconde extrémité fixée à un  
15 point d'ancrage du bâti; et

un berceau apte à se déplacer le long de la vis mère, le berceau étant solidaire du chariot pour déplacer ledit chariot lorsque le moteur est actionné.

20 12. Un appareil selon la revendication 1, dans lequel: les moyens de détection comprennent:

plusieurs cellules de charge, au moins une cellule de charge étant montée par ligne de phase, chaque cellule de charge comprenant un senseur de charge pour mesurer une  
25 valeur de charge supportée par la ligne de phase correspondante, un senseur d'inclinaison pour mesurer son inclinaison par rapport à un axe vertical, un senseur de température pour mesurer une température ambiante, et un émetteur radiofréquence pour émettre des signaux indicatifs  
30 de la valeur de charge, de l'inclinaison et de la température ambiante; et

une unité de contrôle comportant:

un processeur ayant des premiers ports d'entrée pour recevoir des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, et des seconds ports d'entrée pour recevoir des signaux indicatifs des tensions aux bornes  
5 des paires d'interrupteurs;

un émetteur radiofréquence branché au processeur pour émettre des signaux indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, et des tensions; et

des moyens d'alimentation électrique pour  
10 alimenter le processeur, et l'émetteur;

les moyens de commande comprennent:

le processeur qui comporte en outre des sorties pour émettre les signaux de commande;

un récepteur radiofréquence branché au processeur  
15 pour recevoir des signaux radiofréquences de commande à partir desquels les signaux de commande sont produits;

un amplificateur branché au processeur pour commander les moyens moteurs en fonction des signaux de commande; et

20 les moyens d'alimentation électrique pour alimenter en outre le récepteur et l'amplificateur.

13. Un appareil selon la revendication 12, dans lequel les moyens d'alimentation électrique comprennent:

25 une première source d'alimentation électrique comportant une batterie et un capteur solaire branchée à la batterie; et

une seconde source d'alimentation électrique branchée en parallèle à la première source d'alimentation électrique,  
30 et ayant des entrées branchées aux conducteurs.

14. Un appareil selon la revendication 1, comprenant respectivement, en parallèle avec chaque paire d'interrupteurs, un circuit amortisseur, un éclateur à semi-conducteur et un éclateur thermique.

5

15. Une méthode de commutation pour un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase, chacune des lignes de phase comportant plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des autres et branchés en parallèle pour conduire un courant de phase, les conducteurs de chaque ligne de phase étant court-circuités entre eux à deux extrémités du tronçon, la méthode comprenant les étapes suivantes:

(a) détecter des conditions d'opération courantes du tronçon de la ligne de transport d'énergie électrique; et

(b) commander des paires d'interrupteurs électromécanique et électronique branchés en parallèle en fonction des conditions d'opération détectées à l'étape (a) pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase de façon à conduire le courant de phase correspondant à travers un ou plusieurs conducteurs, les interrupteurs de chaque paire étant commandés de façon indépendante par des signaux de commande.

16. Une méthode selon la revendication 15, dans laquelle l'étape (b) comprend les étapes suivantes:

(i) lors d'une fermeture d'une paire d'interrupteurs, produire des signaux de commande causant une fermeture de l'interrupteur électronique avant une fermeture de l'interrupteur électromécanique; et

(ii) lors d'une ouverture d'une paire d'interrupteurs, produire des signaux de commande causant une ouverture l'interrupteur électromécanique avant une ouverture de l'interrupteur électronique.

5

17. Une méthode selon la revendication 15, dans laquelle l'étape (a) comprend les étapes suivantes:

(i) détecter des positions d'opération des interrupteurs;

10 (ii) mesurer des tensions aux bornes des paires d'interrupteurs;

(iii) mesurer pour chaque ligne de phase une valeur de charge qui est supportée au moyen de cellules de charge, des inclinaisons des cellules de charge par rapport à un axe  
15 vertical, et des températures ambiantes aux cellules de charge;

(iv) émettre des signaux radiofréquences indicatifs des positions d'opération des interrupteurs, des tensions, des valeurs de charge, des inclinaisons et des températures  
20 ambiantes;

(v) suite à l'étape (iv), recevoir des signaux radiofréquences de commande; et

(vi) produire les signaux de commande en fonction des signaux radiofréquences de commande.

25

18. Une méthode selon la revendication 15, dans laquelle, dans l'étape (b), les paires d'interrupteurs électromécanique et électronique sont commandées de façon à conduire le courant de phase de chaque ligne de phase à  
30 travers au moins un des interrupteurs électromécaniques correspondants.



19. Une méthode selon la revendication 18, dans laquelle l'étape (b) comprend les étapes suivantes:

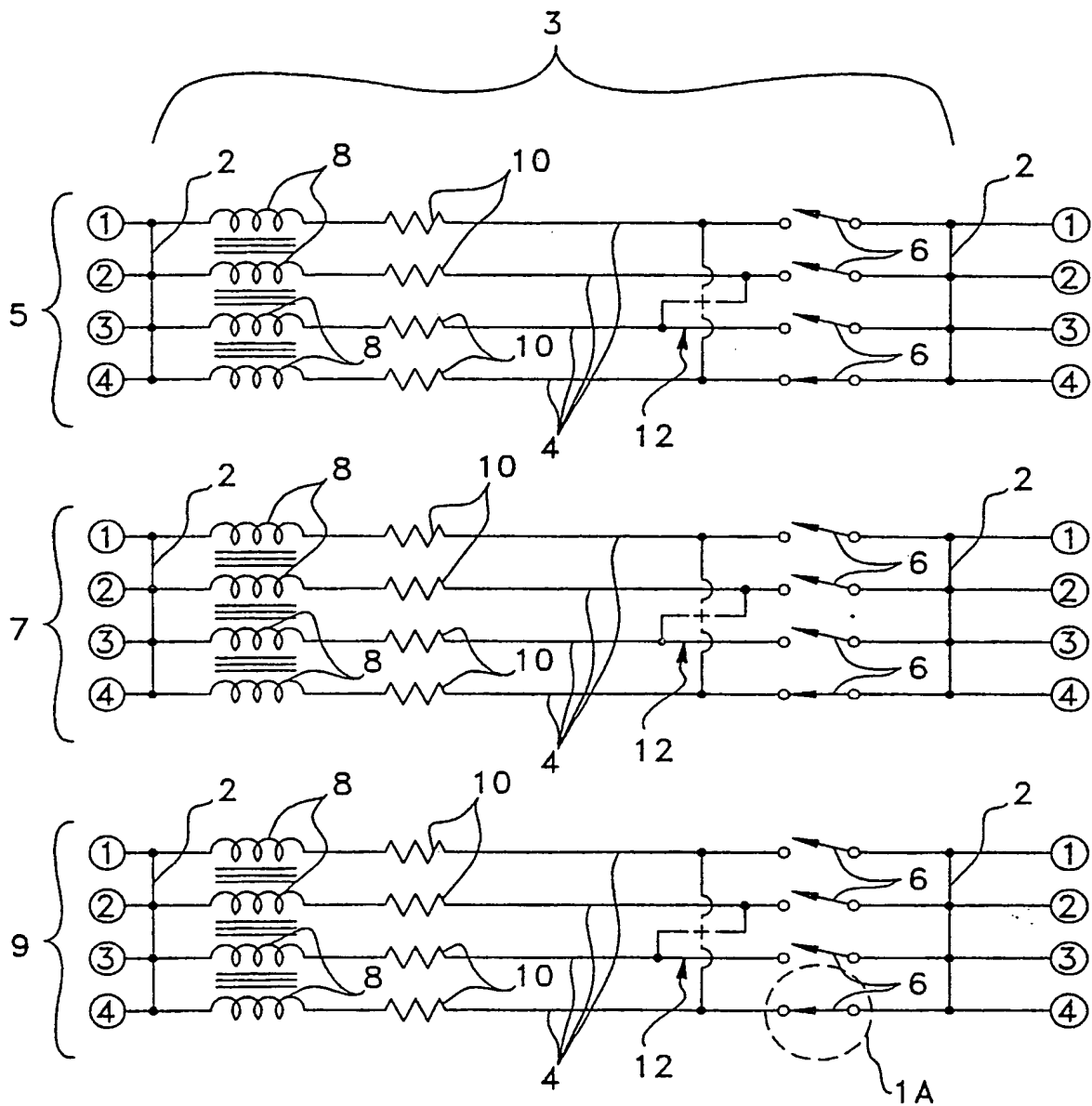
(i) ouvrir de façon permanente des interrupteurs électromécaniques de paires d'interrupteurs prédéterminées associées à des lignes de phase prédéterminées; et

(ii) utiliser les interrupteurs électroniques des paires d'interrupteurs prédéterminées pour ouvrir et fermer les conducteurs correspondants.

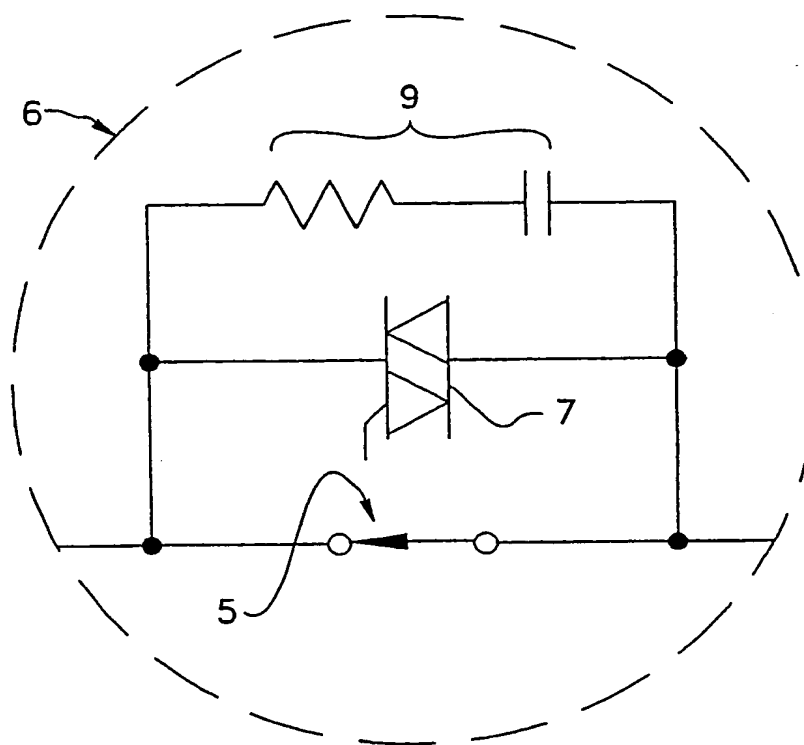
## PRÉCIS:

L'appareil de commutation est prévu pour être utilisé avec un tronçon d'une ligne de transport d'énergie électrique comportant plusieurs lignes de phase. Chacune des  
5 lignes de phase comporte plusieurs conducteurs isolés électriquement les uns des autres et branchés en parallèle. Les conducteurs de chaque ligne de phase sont court-circuités entre eux à deux extrémités du tronçon. L'appareil comprend des paires d'interrupteurs branchés en parallèle,  
10 pour ouvrir et fermer de façon sélective les conducteurs de chaque ligne de phase, un dispositif de détection pour détecter des conditions d'opération courantes du tronçon, et un dispositif de commande pour commander les paires d'interrupteurs en fonction des conditions d'opération  
15 courantes du tronçon. La présente invention vise aussi une méthode de commutation.

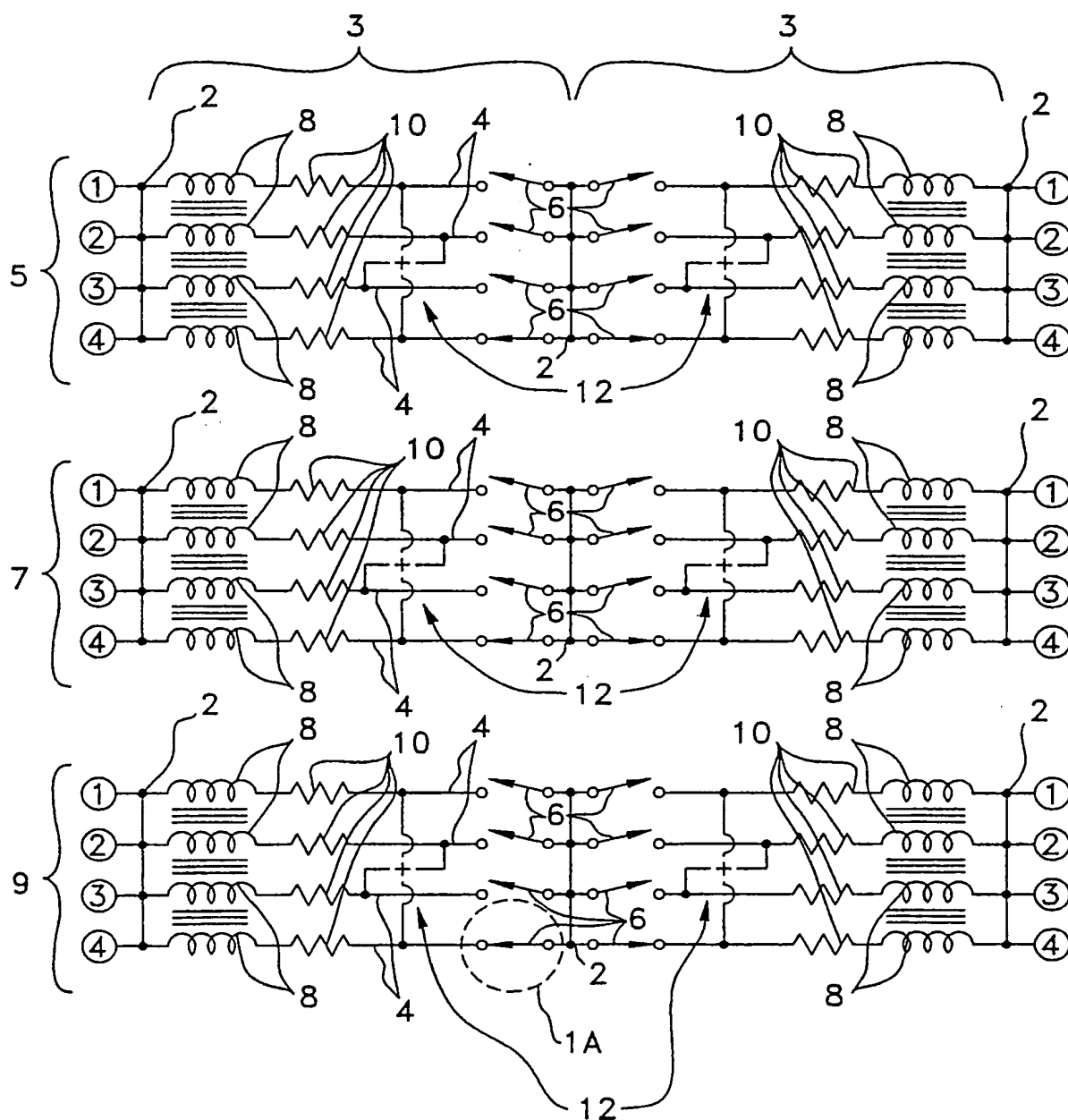
1/29

FIG. 1

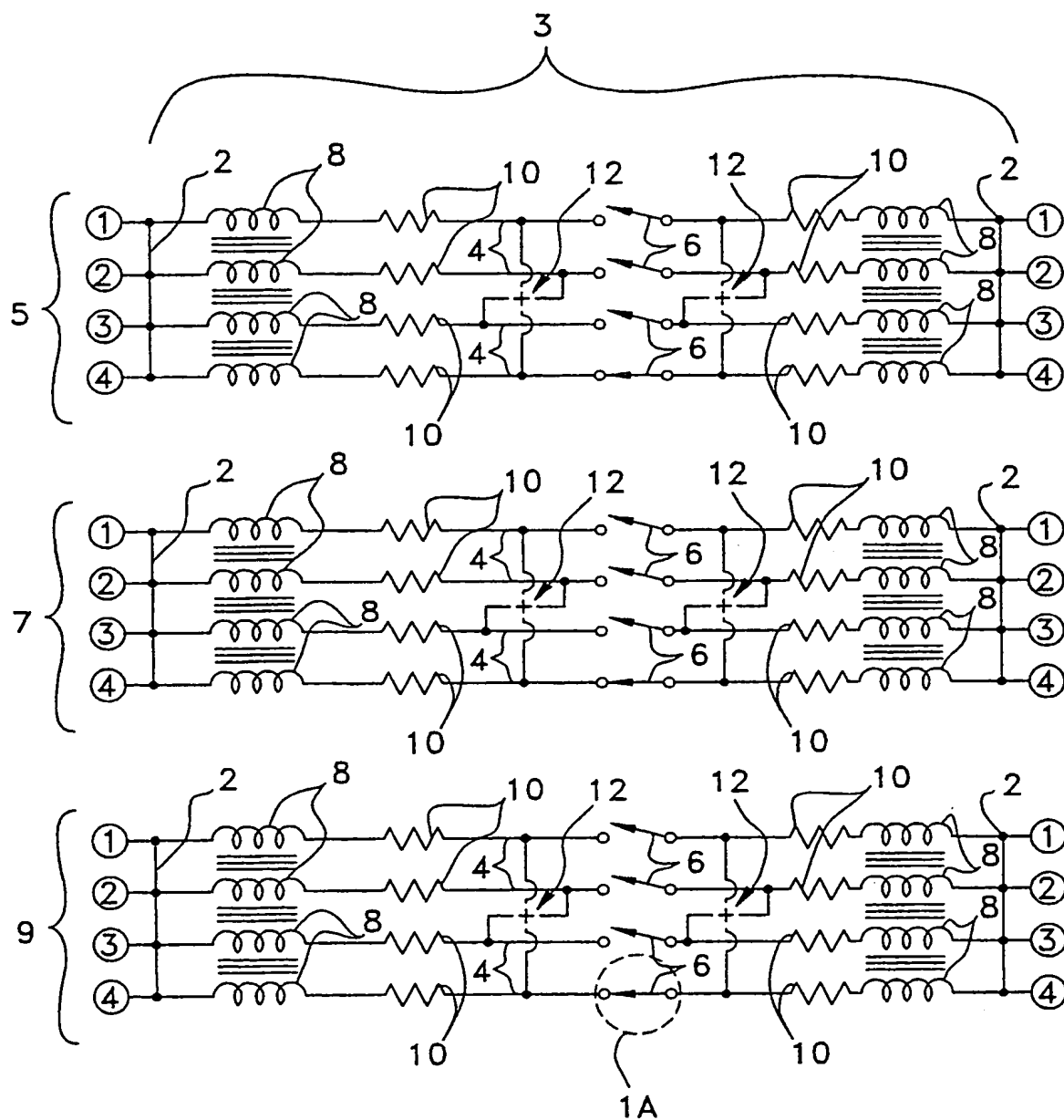
2/29

FIG. 1A

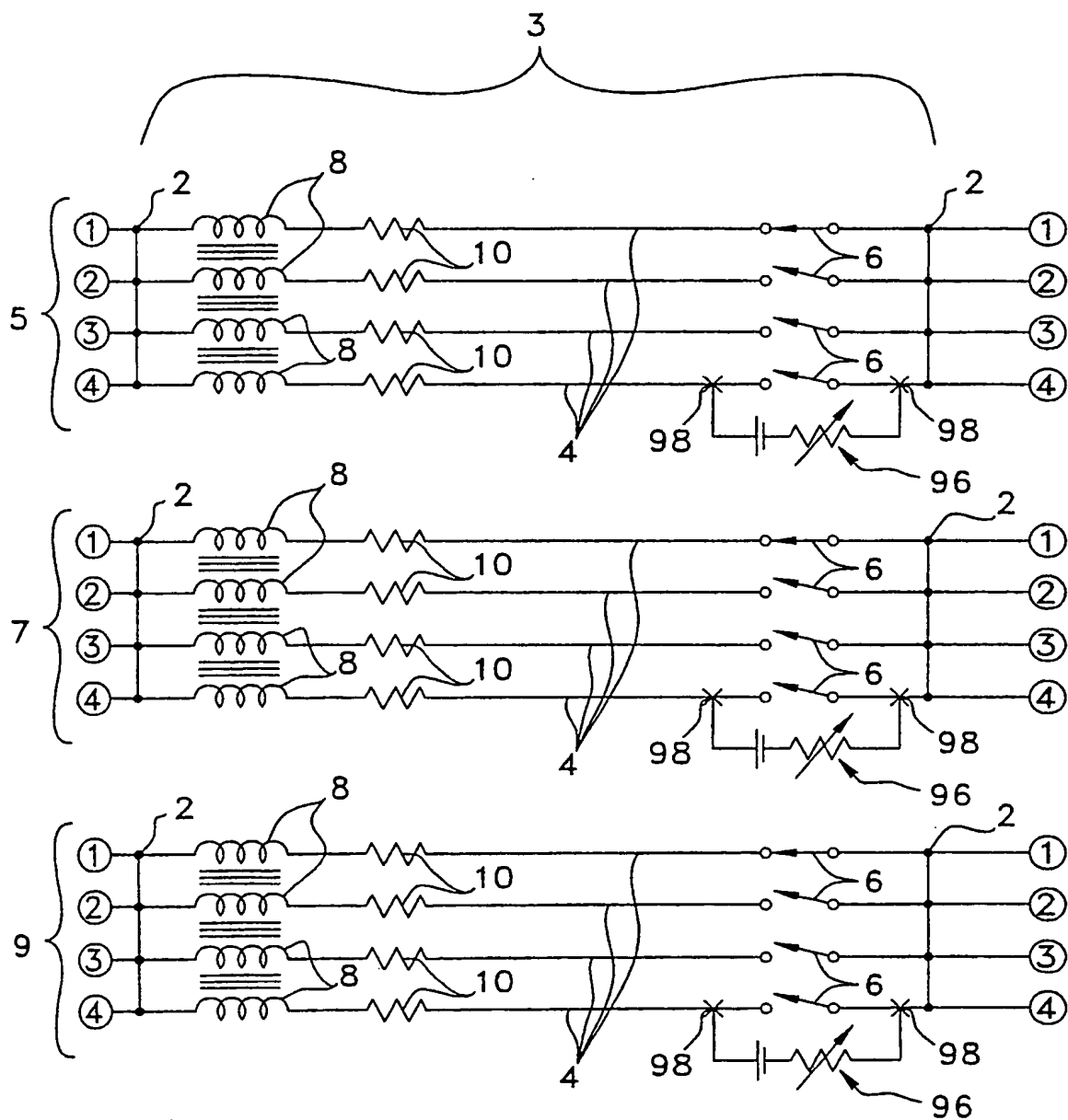
3/29

FIG. 2

4/29

FIG. 3

5/29

FIG. 4

6/29

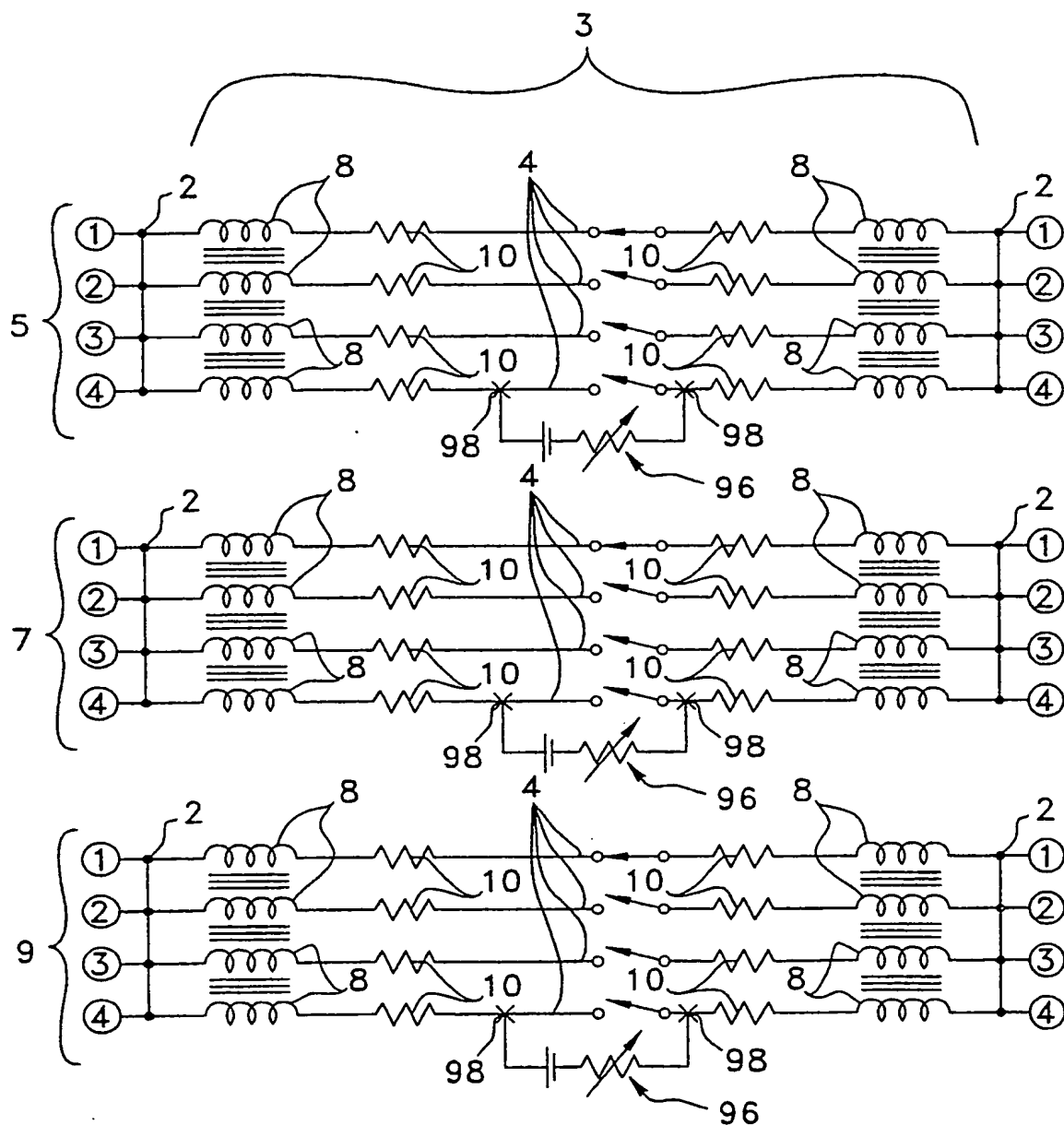


FIG. 5



7/29

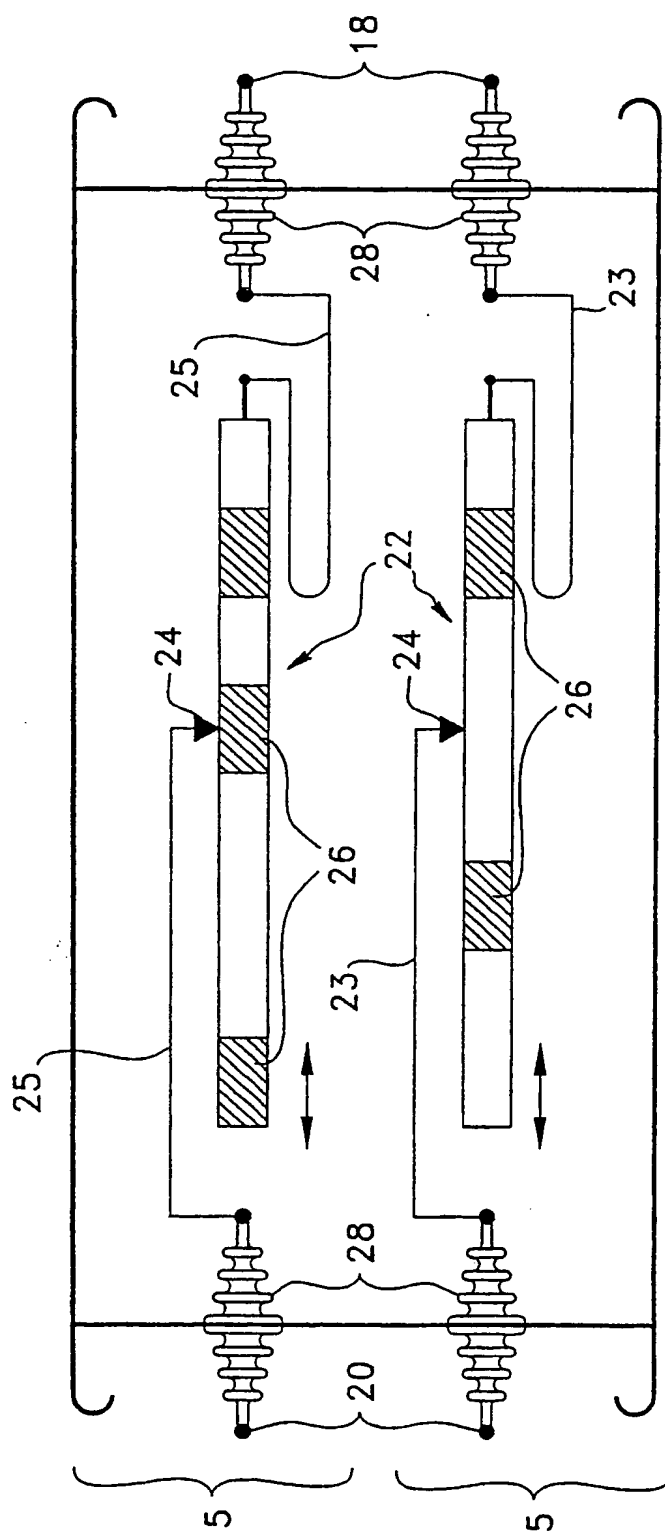
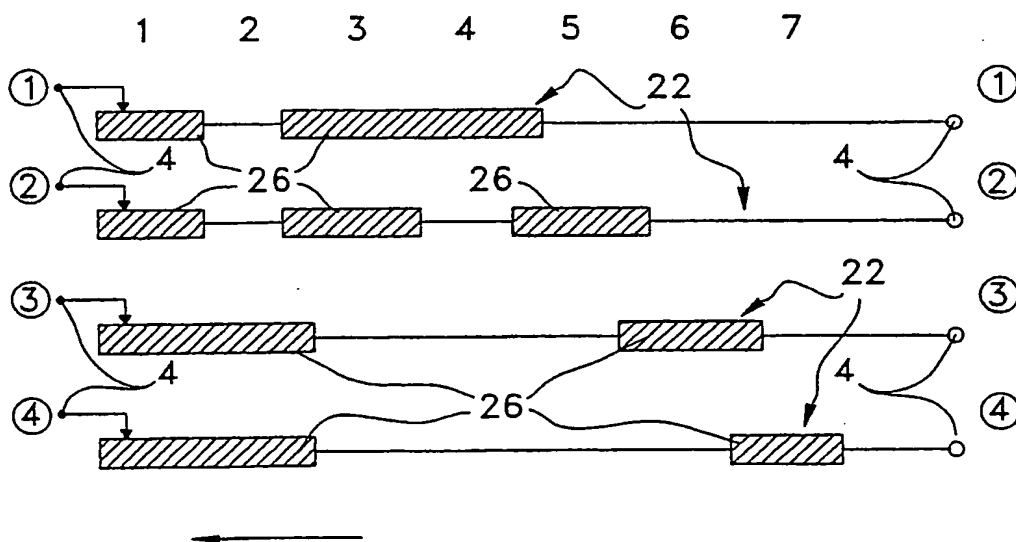
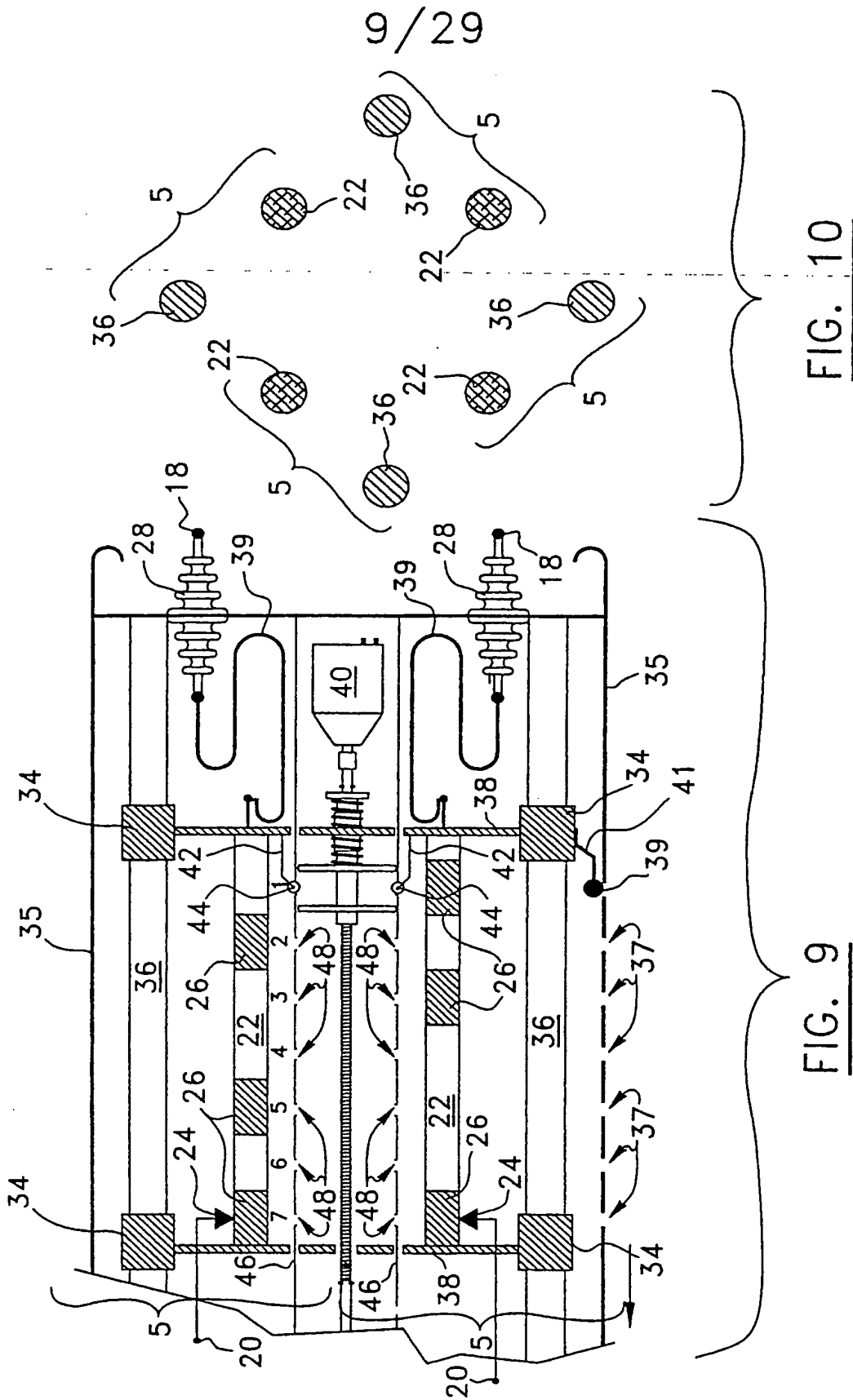


FIG. 6

8/29

	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	0	0	1	1
3	1	1	0	0
4	1	0	0	0
5	0	1	0	0
6	0	0	1	0
7	0	0	0	1

FIG. 7FIG. 8



10/29

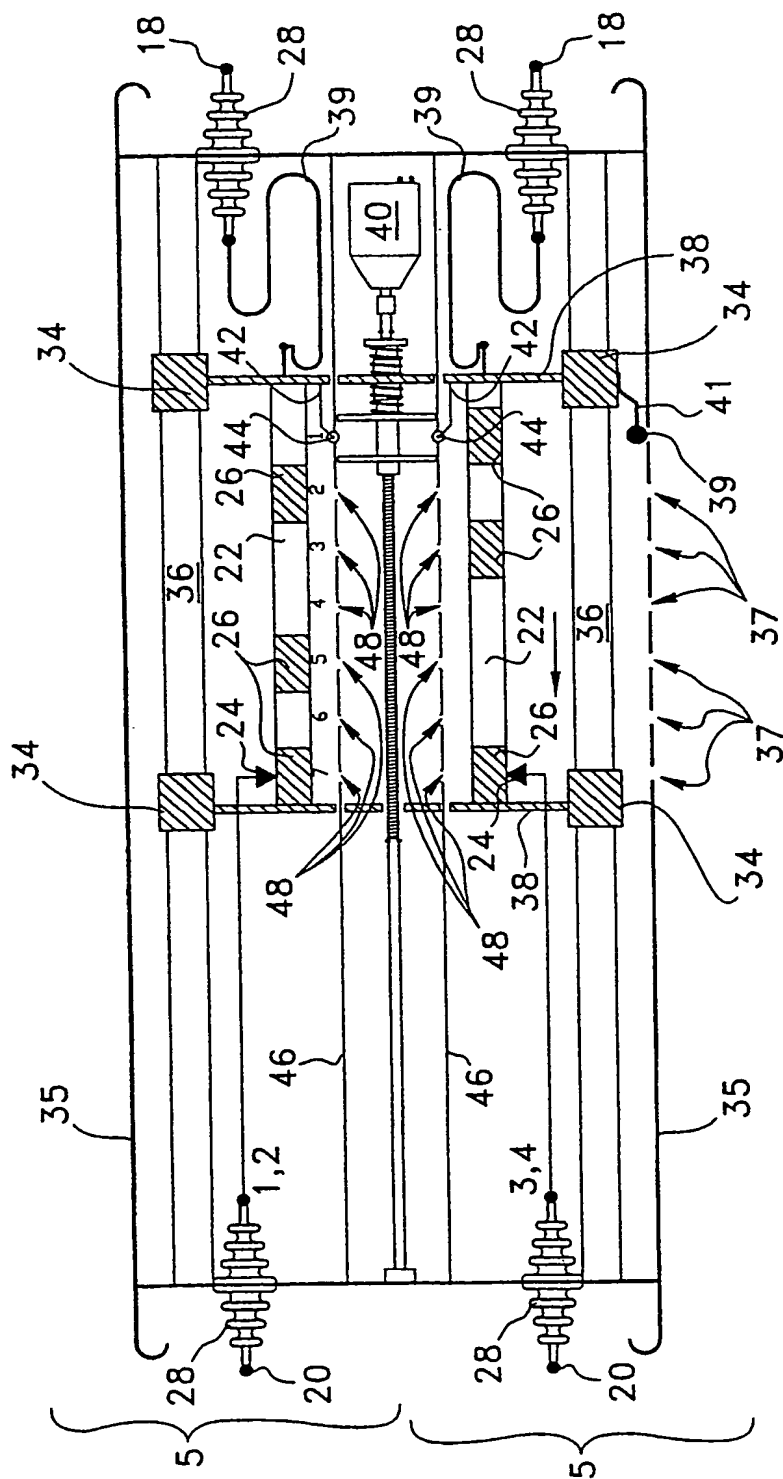
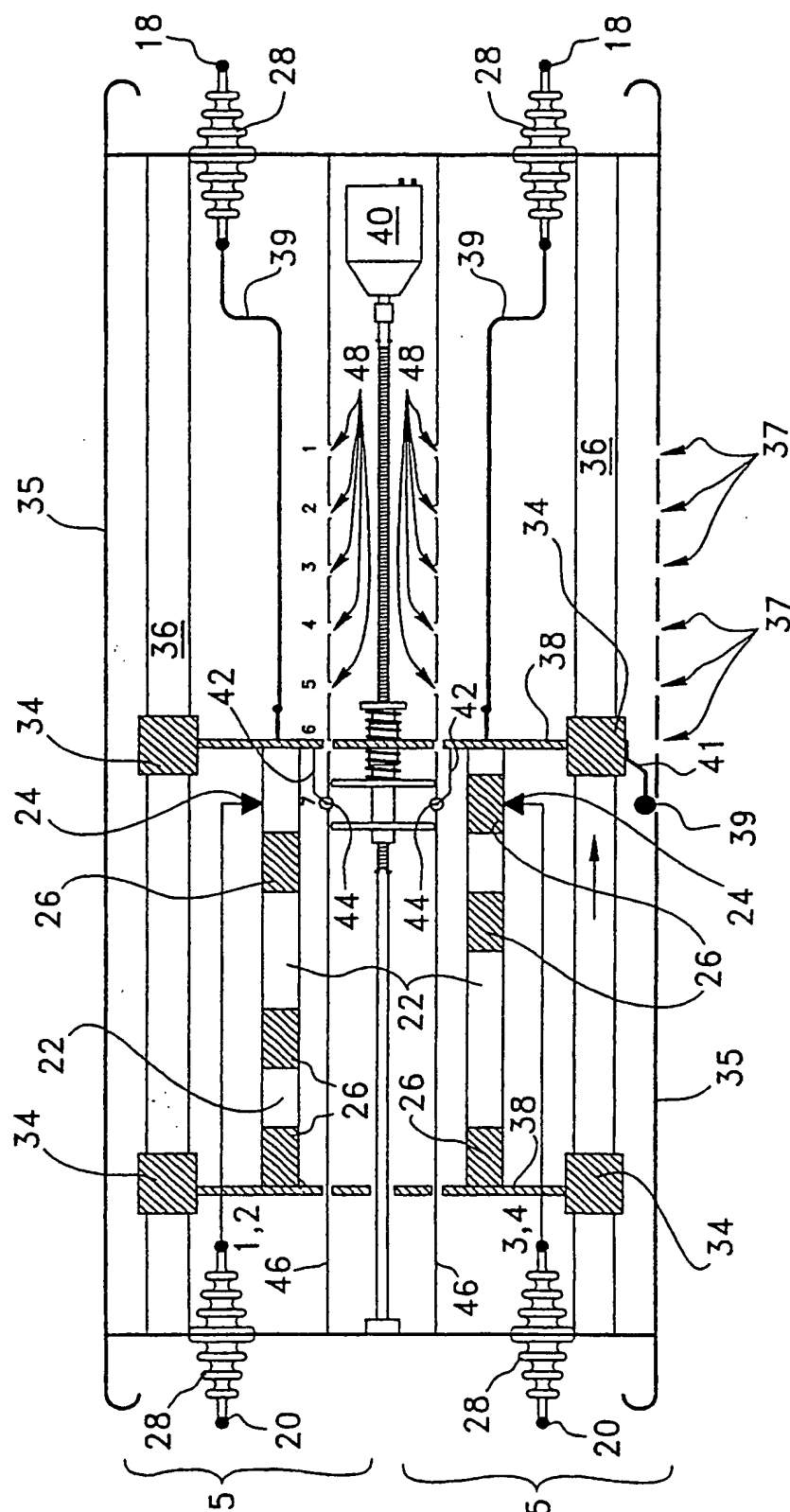


FIG. 11

11/29



**FIG. 12**

12/29

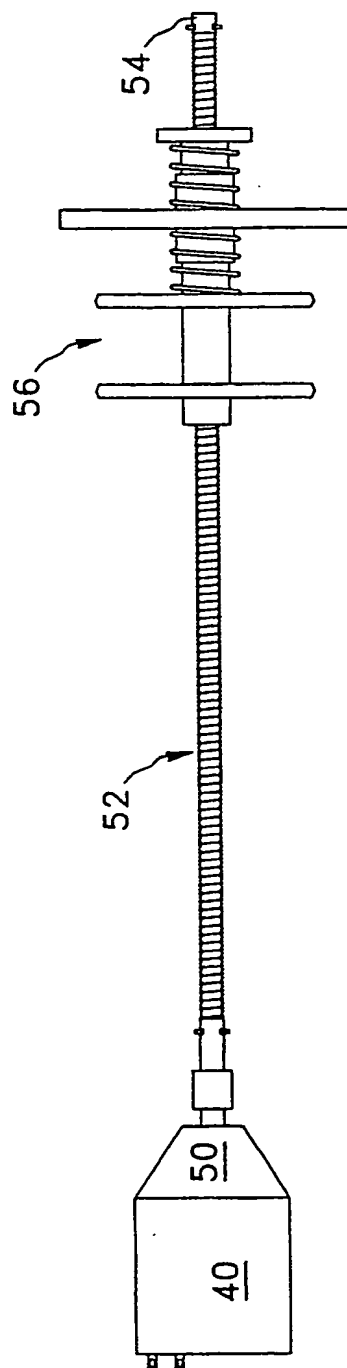


FIG. 13

13/29

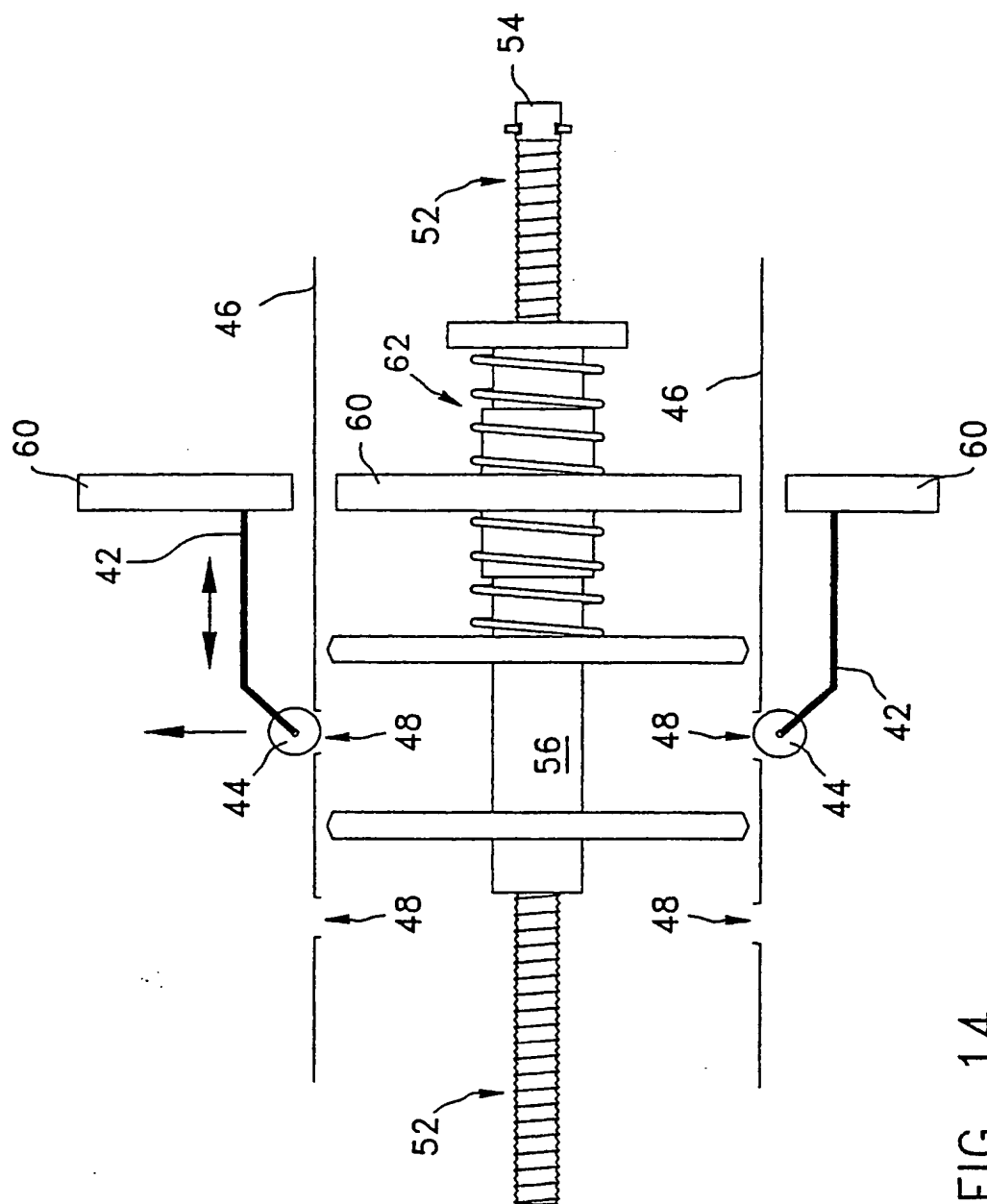


FIG. 14

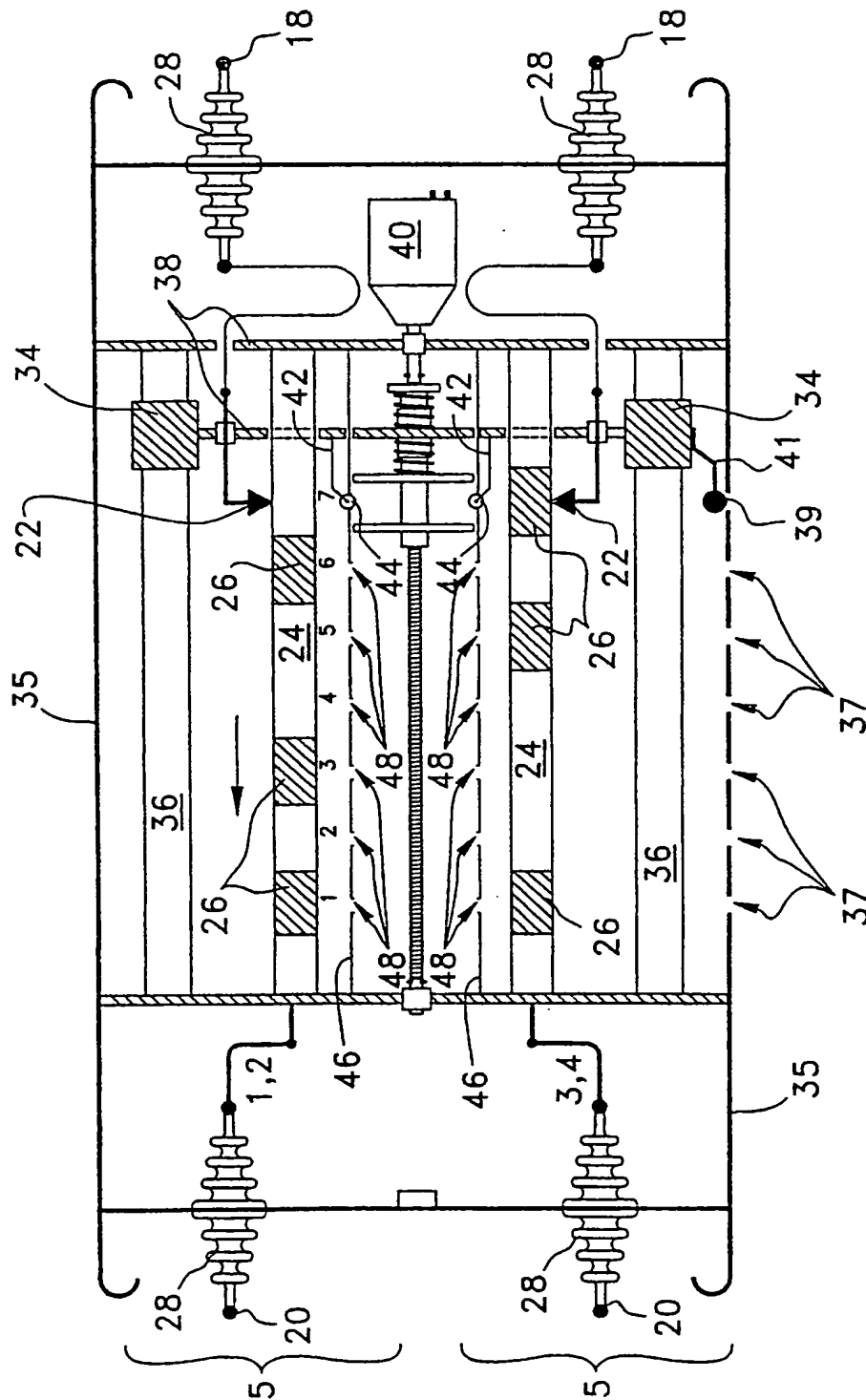


FIG. 15



15/29

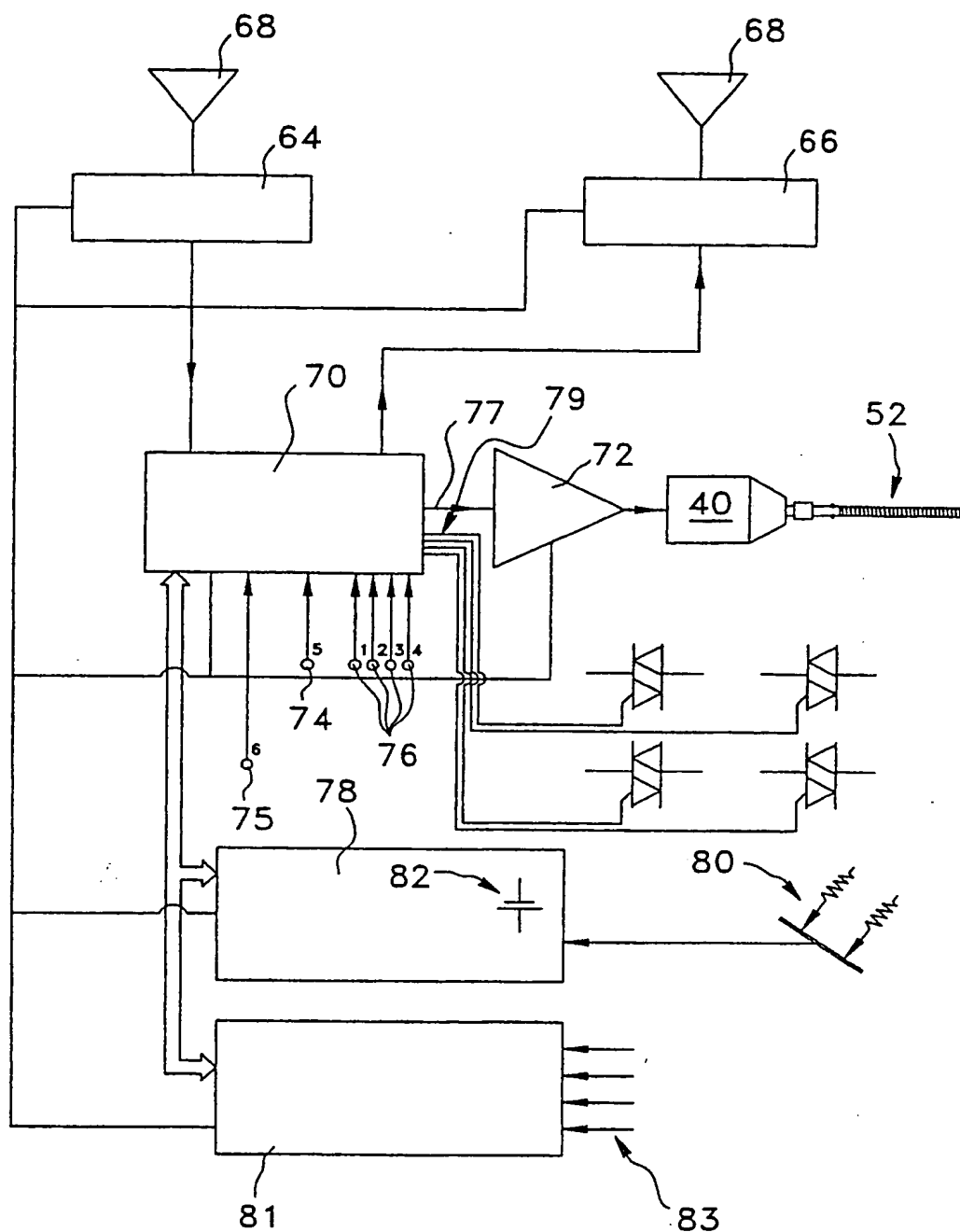


FIG. 16

16/29

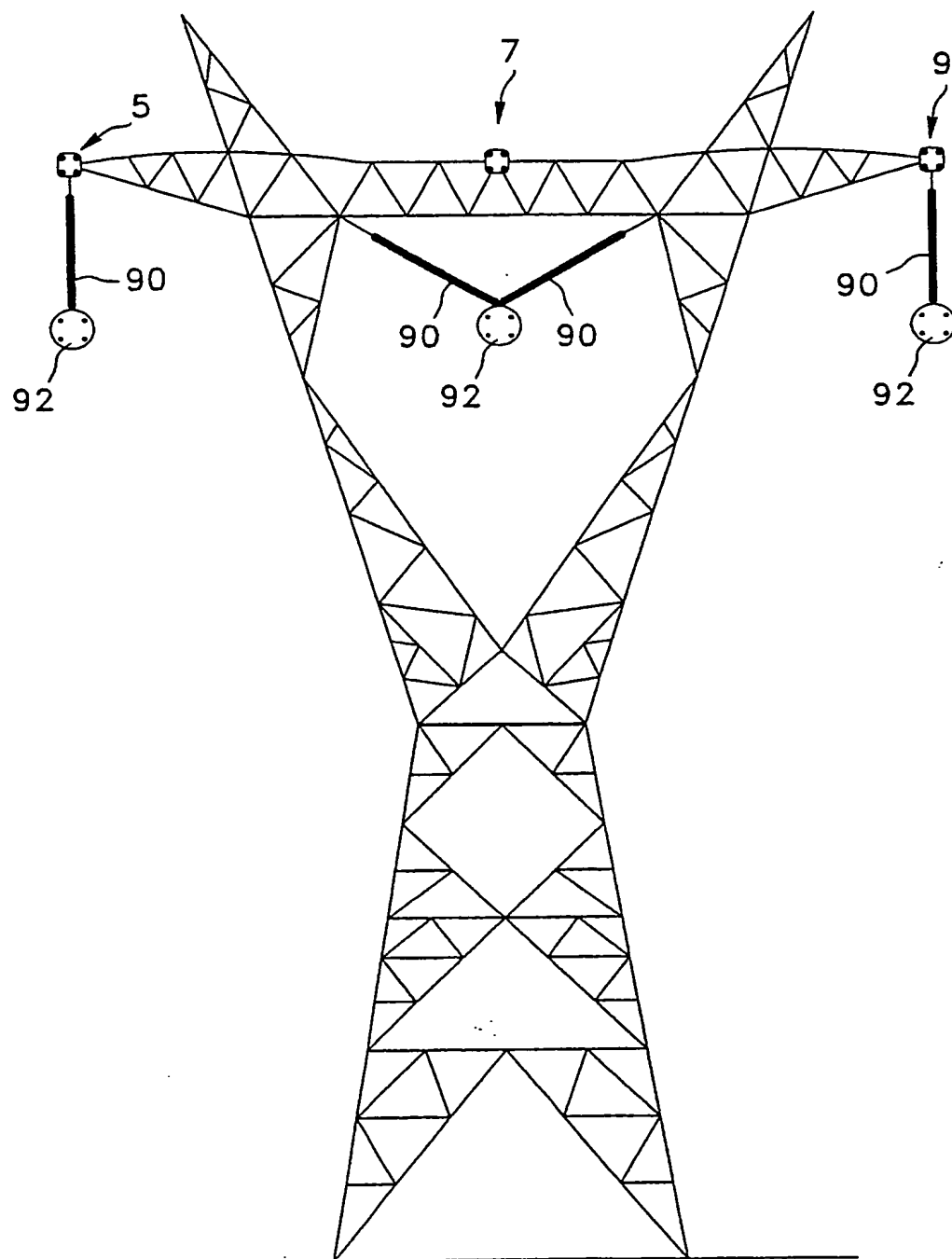


FIG. 17

17/29

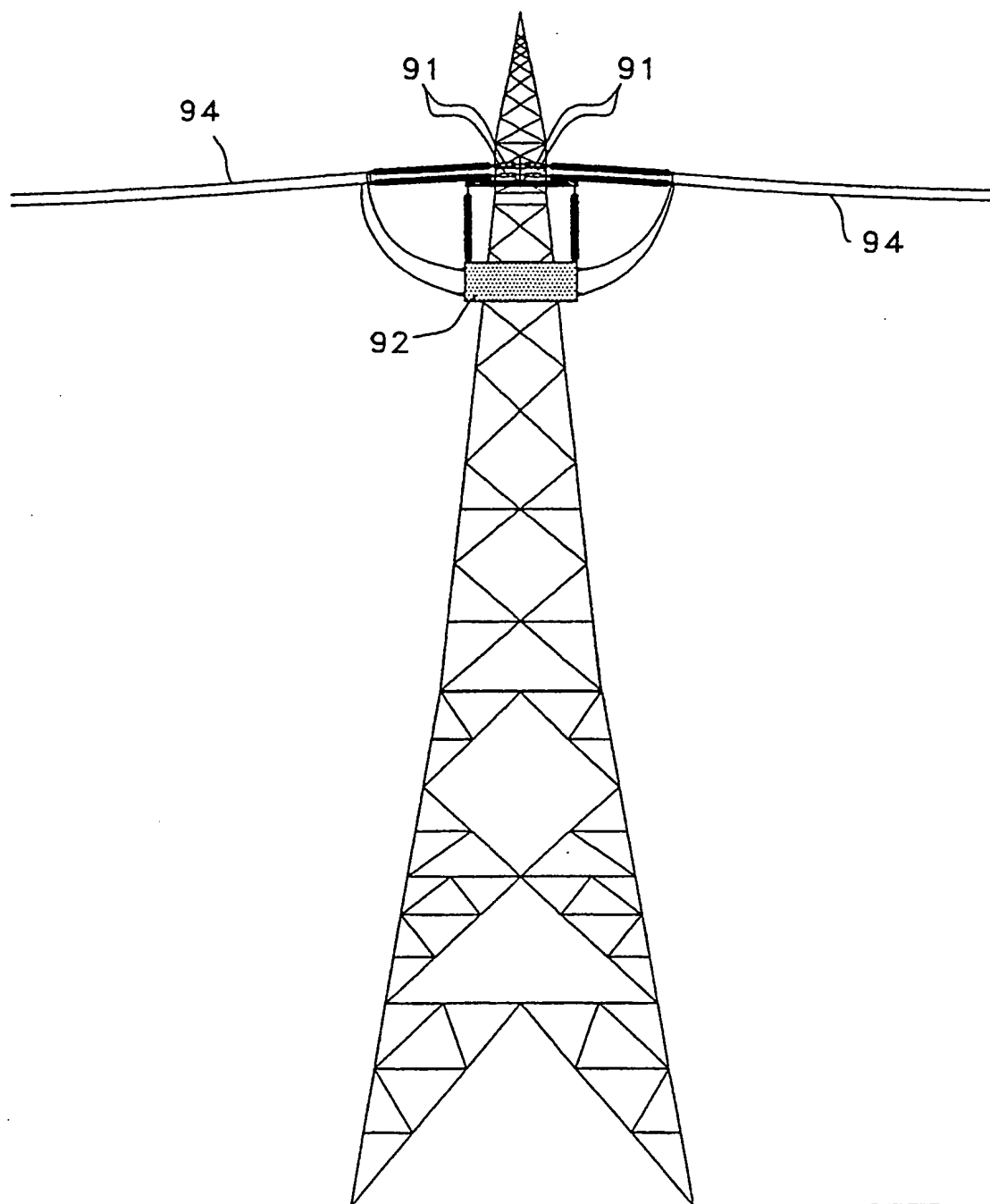


FIG. 18

18/29

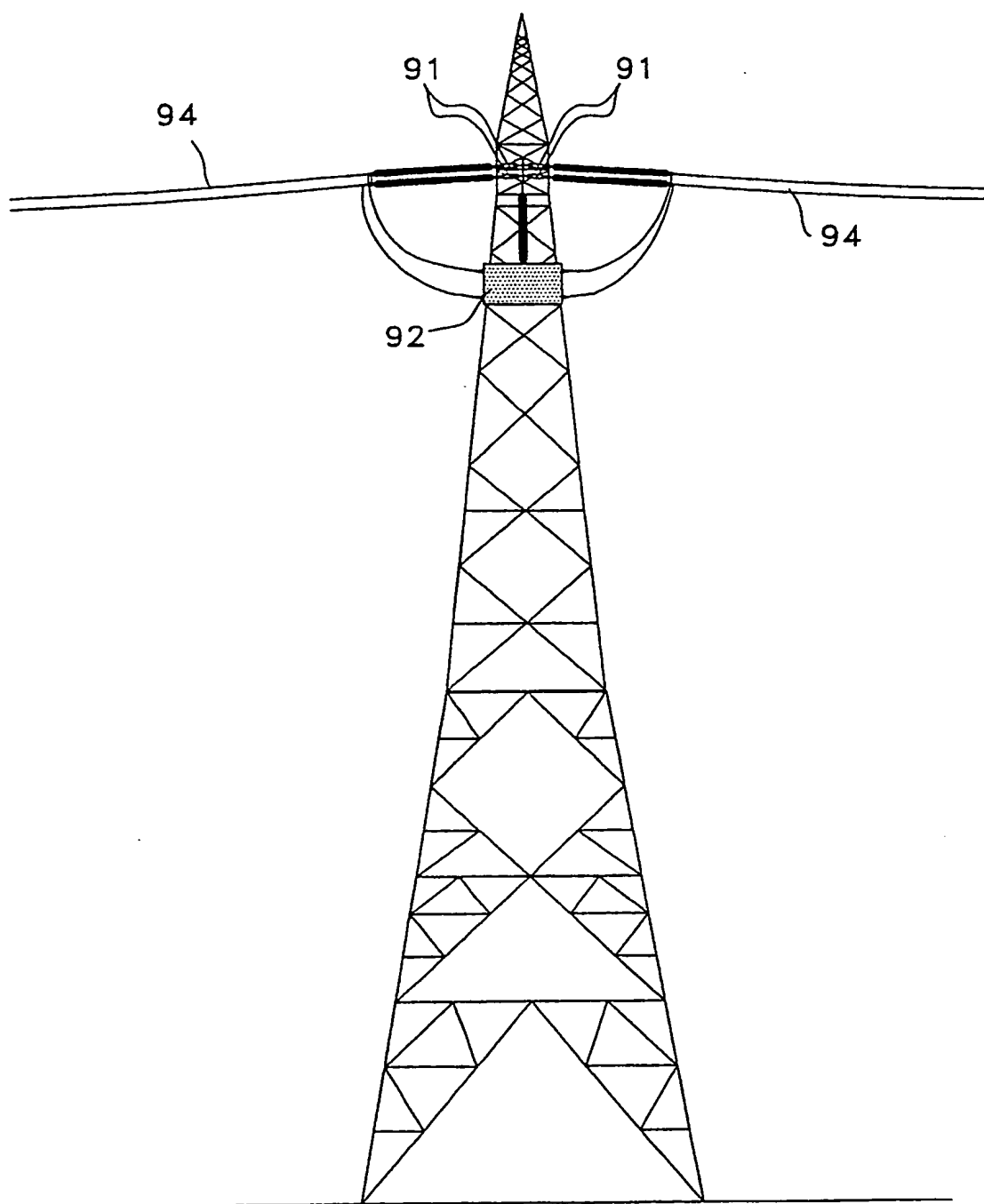
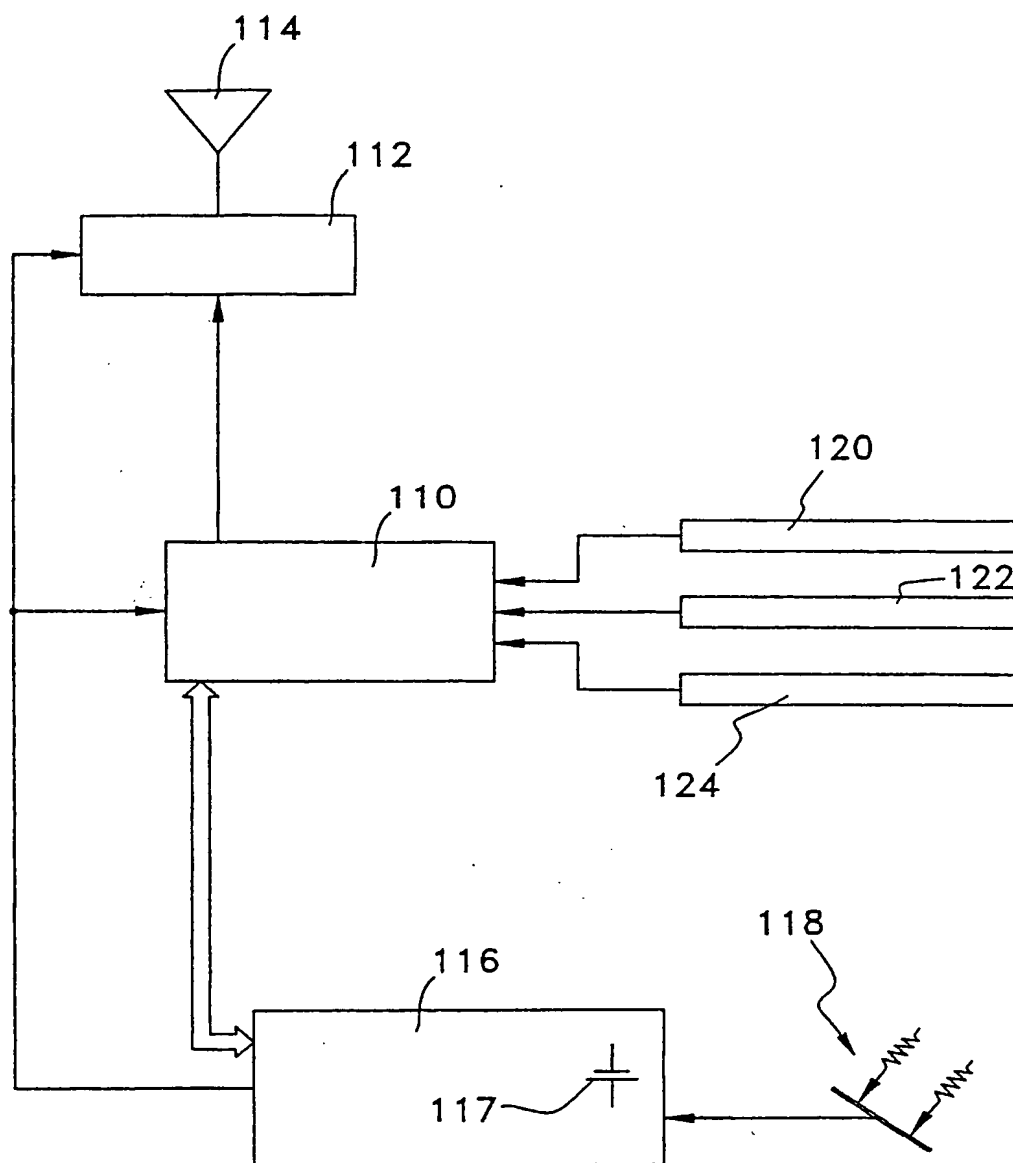


FIG. 19

19/29

FIG. 20

20/29

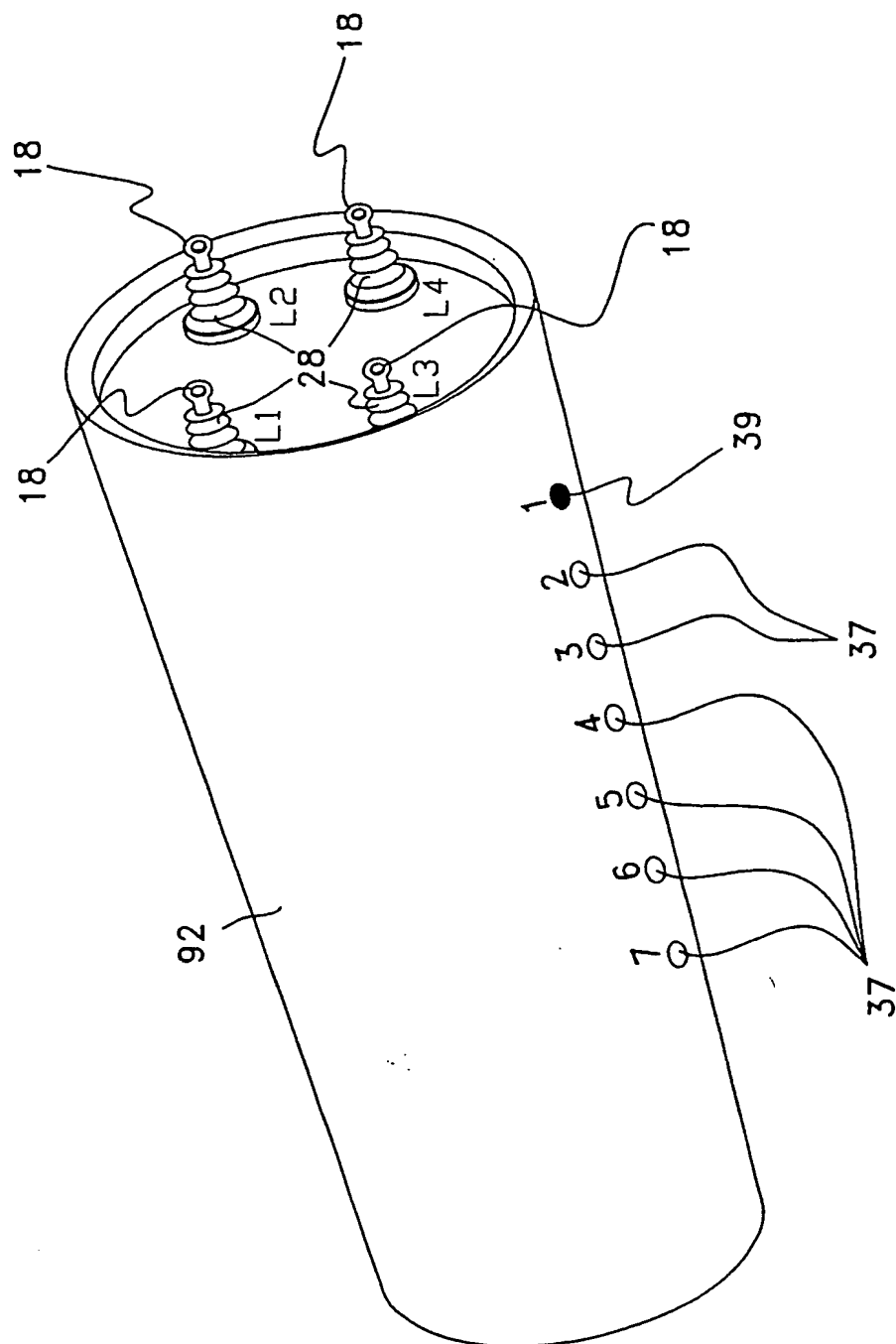


FIG. 21

21/29

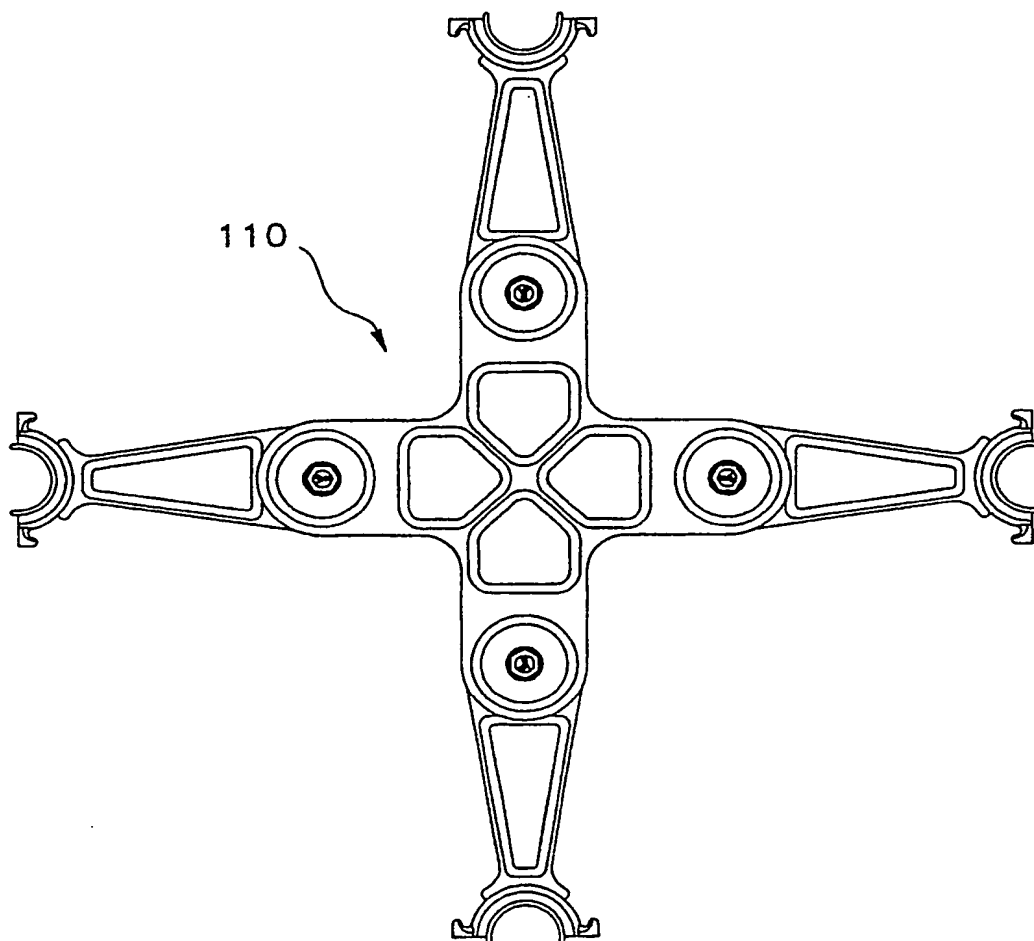
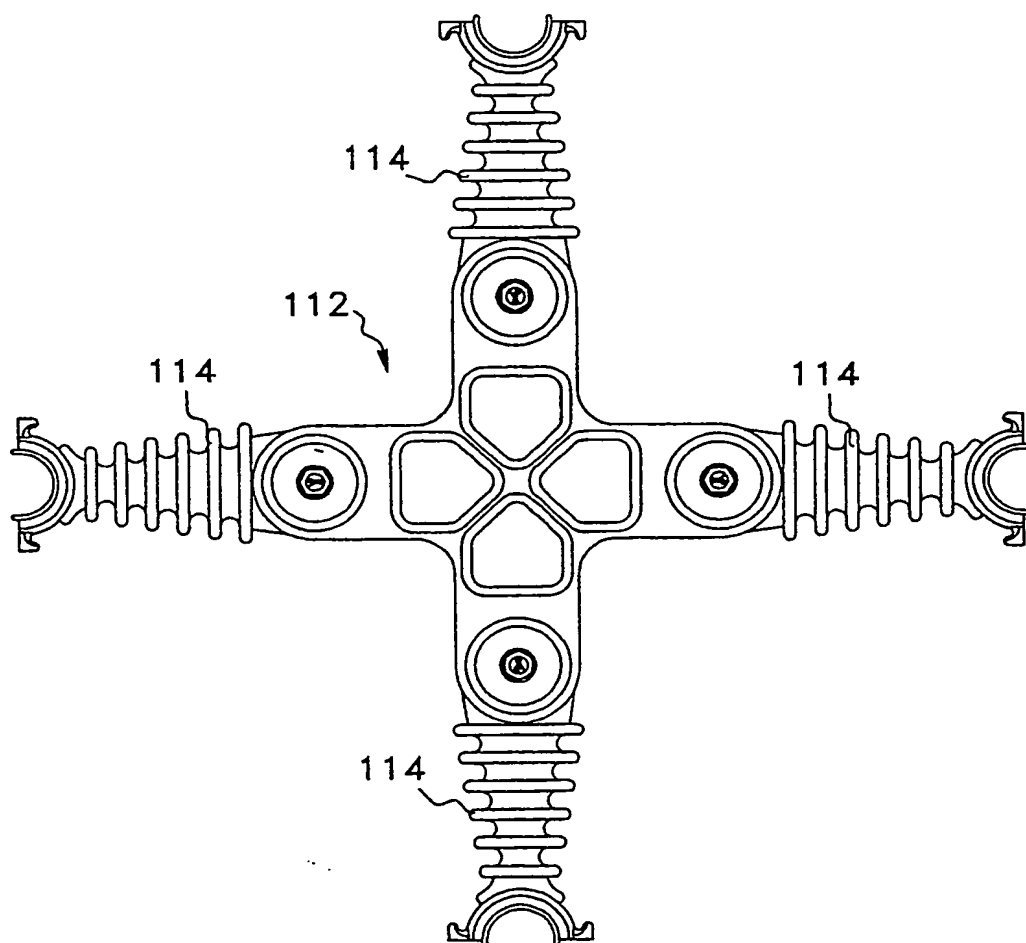


FIG. 22

22/29

FIG. 23



23/29

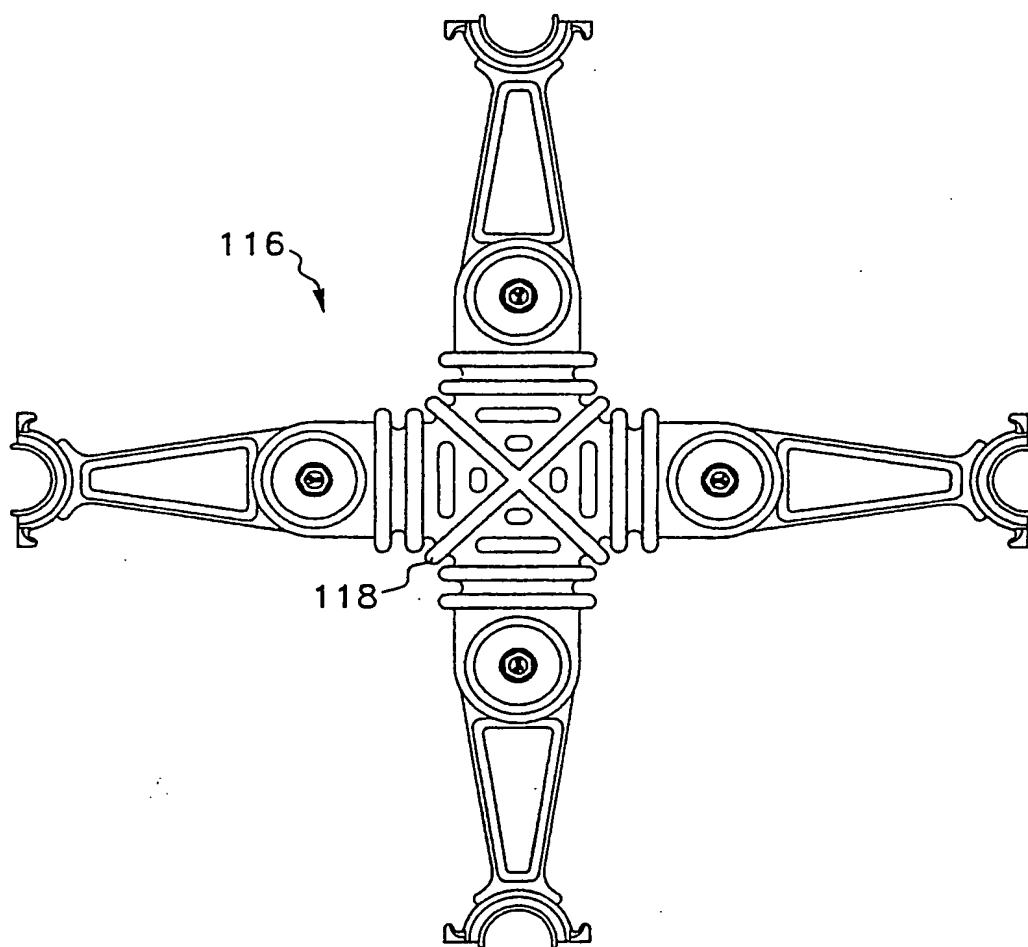


FIG. 24

24/29

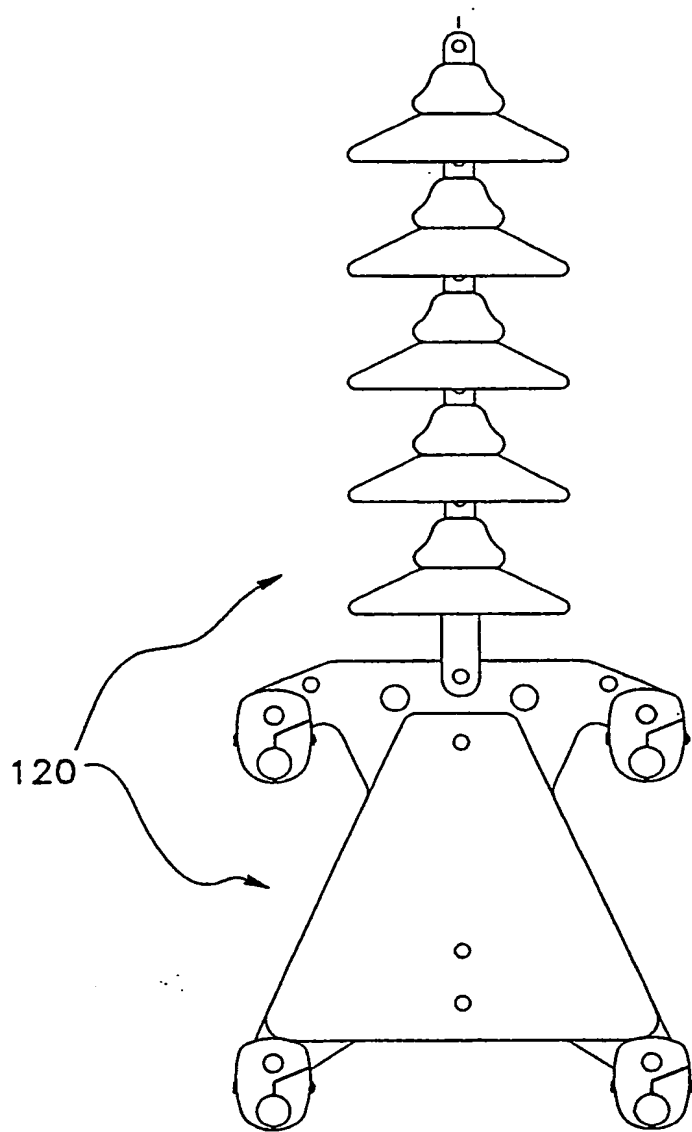


FIG. 25

25/29

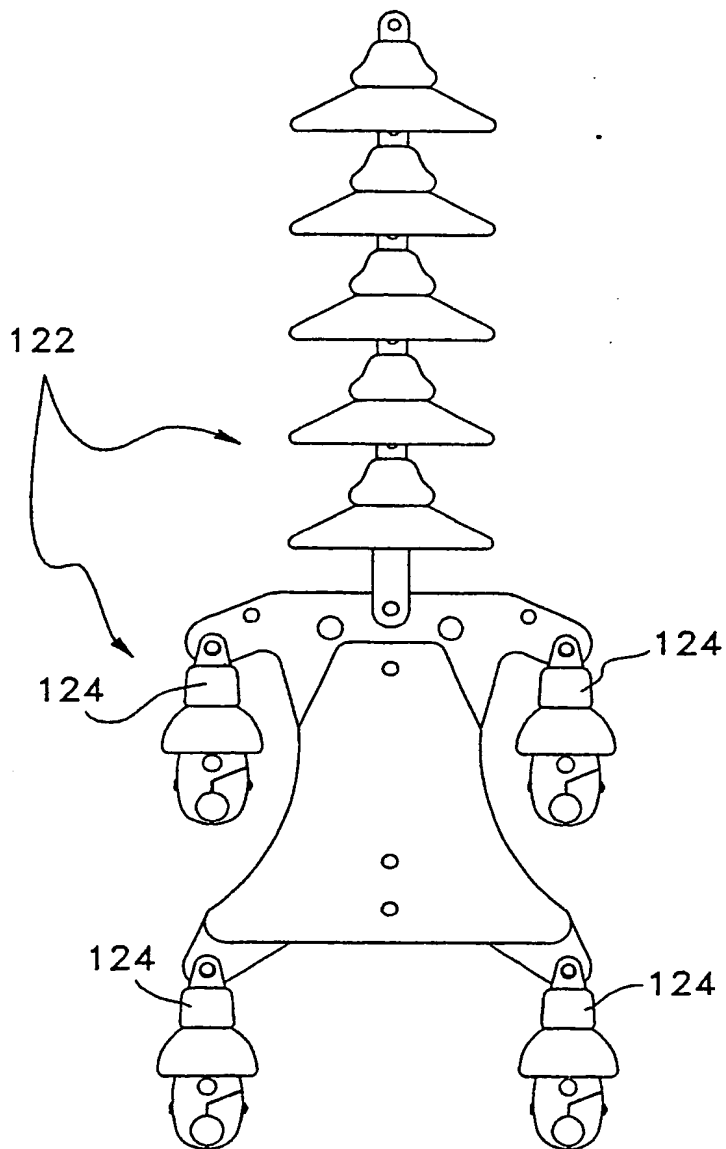


FIG. 26

26/29

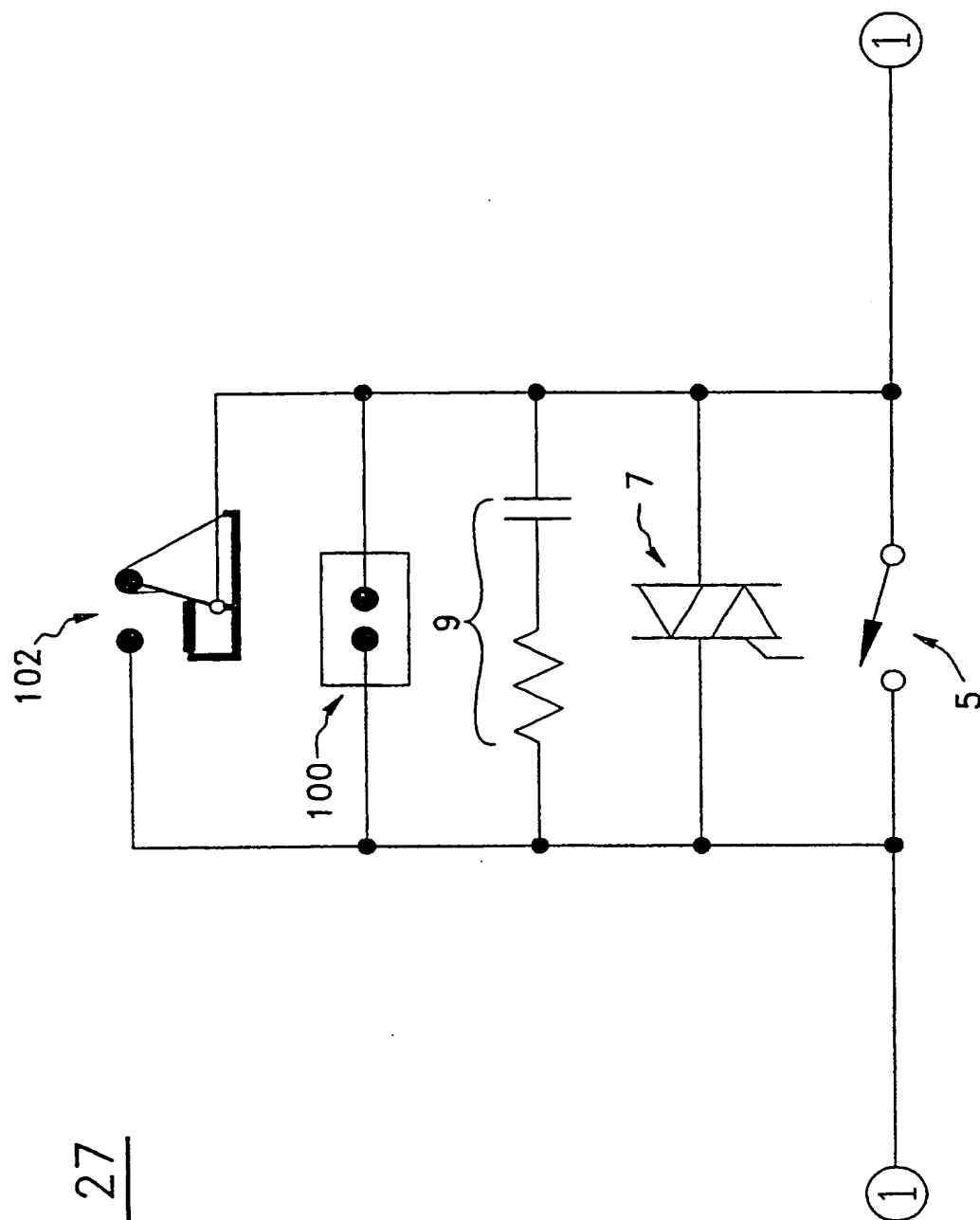


FIG. 27

27/29

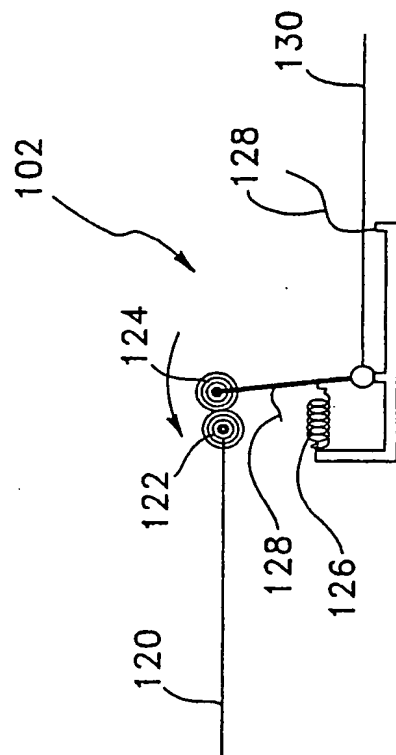


FIG. 28

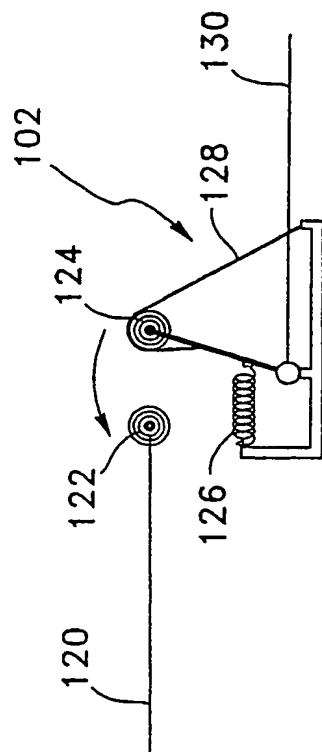


FIG. 29

28/29

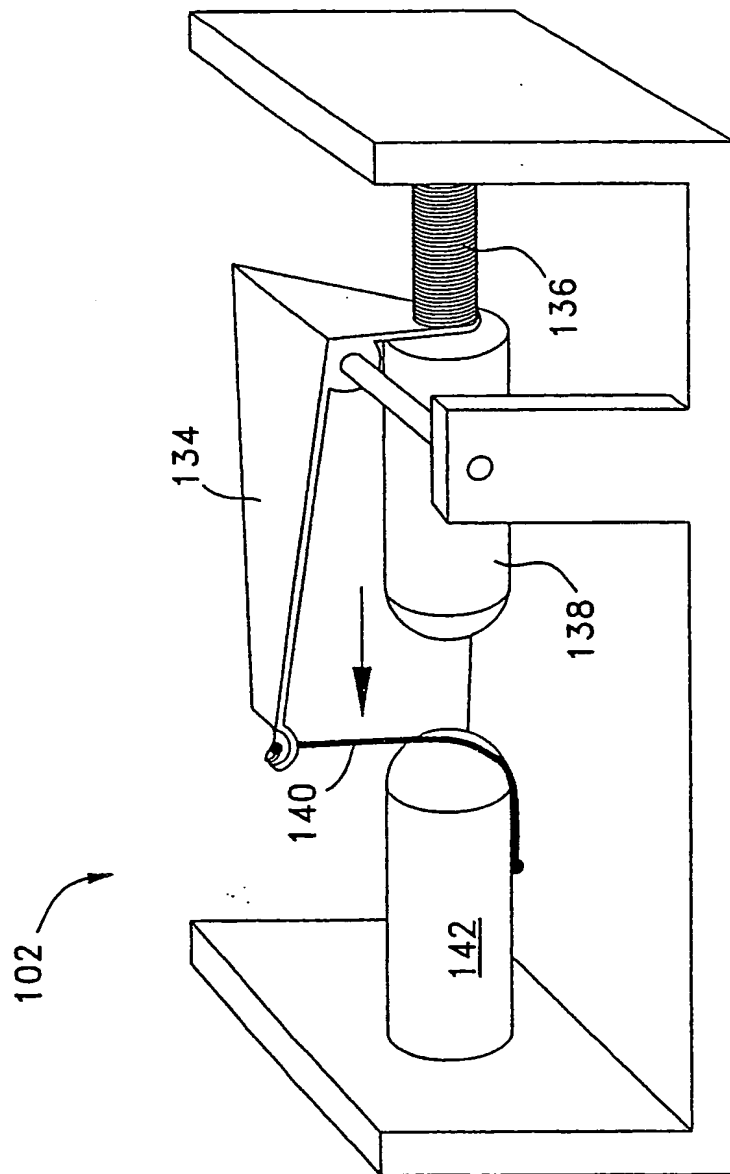


FIG. 30

29/29

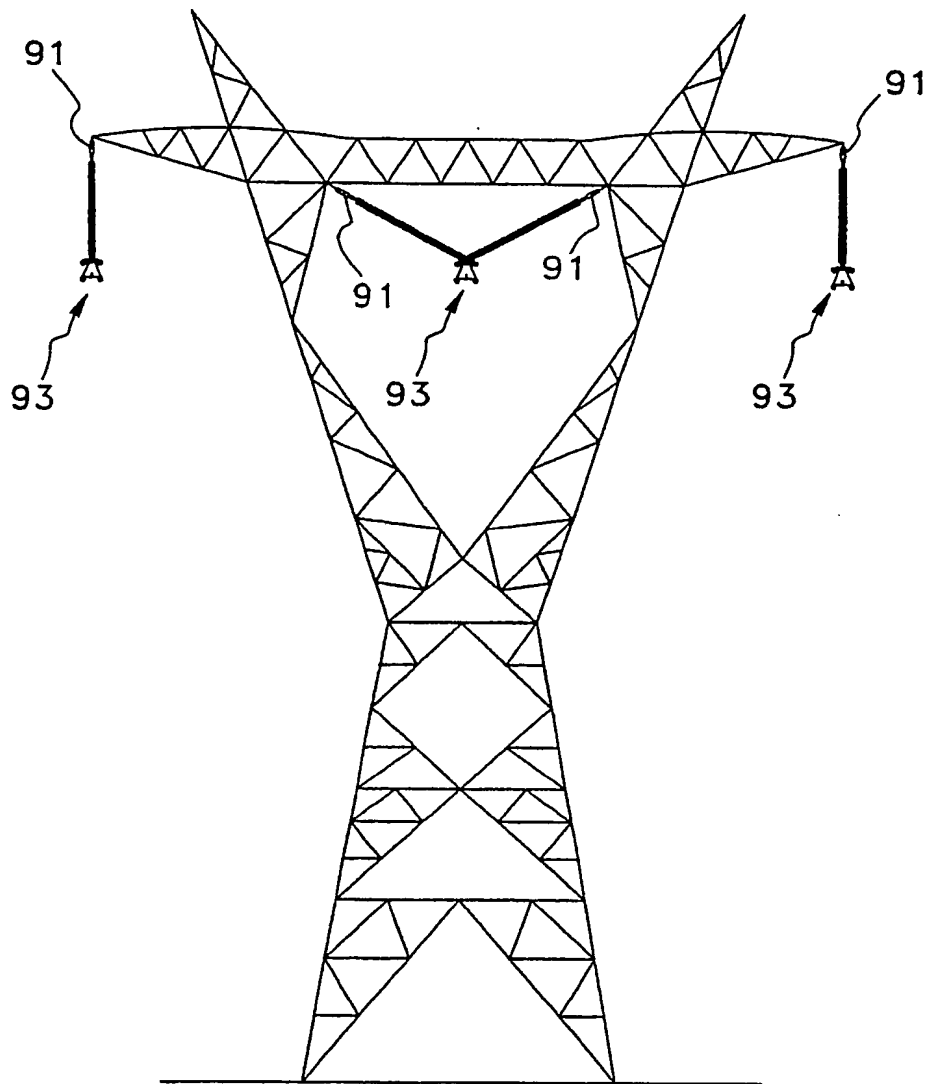


FIG. 31

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No  
PCT/CA 99/01136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02G7/20 H02J3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02G H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 058 483 A (SEVERO-ZAPADNOE OTDELENIE VSESOJUZNOGO GOSUDAR-STVENNOGO PROEKT0-IZYSK) 8 April 1981 (1981-04-08) page 17, line 11 -page 19, line 25; figures 20,21	1
A	GB 2 324 417 A (NORTHERN ELECTRIC DISTRIBUTION LTD) 21 October 1998 (1998-10-21) the whole document	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 February 2000

Date of mailing of the international search report

09/03/2000

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bolder, G



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CA 99/01136

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>           DATABASE WPI            Section EI, Week 198346            Derwent Publications Ltd., London, GB;            Class X12, AN 1983-820070            XP002131621            &amp; SU 993 370 A (KIRG POWER RES INST),            30 January 1983 (1983-01-30)            abstract            -----         </p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte: Application No

PCT/CA 99/01136

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2058483 A	08-04-1981	SU 778637 A	15-07-1984
		SU 964829 A	07-10-1982
		SU 974480 A	15-11-1982
		SU 941522 A	07-07-1982
		SU 1116486 A	30-09-1984
		DE 3036757 C	08-02-1990
		IN 152636 A	25-02-1984
		JP 56500358 T	19-03-1981
		JP 63001805 B	14-01-1988
		SE 453704 B	22-02-1988
		SE 8007913 A	11-11-1980
		WO 8001971 A	18-09-1980
GB 2324417 A	21-10-1998	NONE	
SU 993370 A	30-01-1983	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den . Internationale No

PCT/CA 99/01136

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H02G7/20 H02J3/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou a la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultee (systeme de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H02G H02J

Documentation consultee autre que la documentation minimale dans la mesure ou ces documents relevent des domaines sur lesquels a porte la recherche

Base de donnees electronique consultee au cours de la recherche internationale (nom de la base de donnees, et si realisable, termes de recherche utilises)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cites, avec, le cas echeant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visees
-------------	--	-------------------------------

A	GB 2 058 483 A (SEVERO-ZAPADNOE OTDELENIE VSESOJUZNOGO GOSUDAR-STVENNOGO PROEKTO-IZYSK) 8 avril 1981 (1981-04-08) page 17. ligne 11 -page 19, ligne 25; figures 20,21	1
---	---	---

A	GB 2 324 417 A (NORTHERN ELECTRIC DISTRIBUTION LTD) 21 octobre 1998 (1998-10-21) le document en entier	1
---	---	---

-/--

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiques en annexe

\* Catégories speciales de documents cites:

"A" document definissant l'etat general de la technique, non  
considere comme particulierement pertinent

"E" document anterieur, mais publie a la date de depot international  
ou apres cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de  
priorite ou cite pour determiner la date de publication d'une  
autre citation ou pour une raison speciale (telle qu indiquee)

"O" document se referant a une divulgation orale, a un usage, a  
une exposition ou tous autres moyens

"P" document publie avant la date de depot international, mais  
posterieurement a la date de priorite revendiquee

"T" document ulterieur publie apres la date de depot international ou la  
date de priorite et n'appartenant pas a l'etat de la  
technique pertinent, mais cite pour comprendre le principe  
ou la theorie constituant la base de l'invention

"X" document particulierement pertinent: l'invention revendiquee ne peut  
etre consideree comme nouvelle ou comme impliquant une activite  
inventive par rapport au document considere isolement

"Y" document particulierement pertinent: l'invention revendiquee  
ne peut etre consideree comme impliquant une activite inventive  
lorsque le document est associe a un ou plusieurs autres  
documents de meme nature, cette combinaison etant evidente  
pour une personne du metier

"&" document qui fait partie de la meme famille de brevets

Date a laquelle la recherche internationale a ete effectivement achevee

25 février 2000

Date d'expedition du present rapport de recherche internationale

09/03/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargee de la recherche internationale

Office Europeen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorise

Bolder, G

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den Internationale No

PCT/CA 99/01136

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Categorie	Identification des documents cites, avec, le cas echeant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visees
-----------	--	-------------------------------

A	<p>           DATABASE WPI            Section EI. Week 198346            Derwent Publications Ltd., London, GB;            Class X12, AN 1983-820070            XP002131621            &amp; SU 993 370 A (KIRG POWER RES INST),            30 janvier 1983 (1983-01-30)            abrégé         </p>	1
---	---	---

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem Internationale No

PCT/CA 99/01136

Document brevet cite au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2058483 A	08-04-1981	SU 778637 A	15-07-1984
		SU 964829 A	07-10-1982
		SU 974480 A	15-11-1982
		SU 941522 A	07-07-1982
		SU 1116486 A	30-09-1984
		DE 3036757 C	08-02-1990
		IN 152636 A	25-02-1984
		JP 56500358 T	19-03-1981
		JP 63001805 B	14-01-1988
		SE 453704 B	22-02-1988
		SE 8007913 A	11-11-1980
		WO 8001971 A	18-09-1980
GB 2324417 A	21-10-1998	AUCUN	
SU 993370 A	30-01-1983	AUCUN	

**This Page Blank (uspto)**